

**Der Hirschkäfer *Lucanus cervus* in der
Kulturlandschaft:**

**Ausbreitungsverhalten, Habitatnutzung und
Reproduktionsbiologie im Flusstal**



Markus Rink

Alf, 2006

**Der Hirschkäfer *Lucanus cervus* in der
Kulturlandschaft:**

**Ausbreitungsverhalten, Habitatnutzung und
Reproduktionsbiologie im Flusstal**

Dissertation

**zur Erlangung des Akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften**

**Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften
Universität Koblenz-Landau**

vorgelegt

am 26.09.2006

**von Markus Rink
geb. am 30.05.1960 in 56859 Alf**

Datum der mündlichen Prüfung: 20.12.2006

Referent Prof. Dr. Ulrich Sinsch

Koreferent PD Dr. Thomas Wagner

Abstract

Diese Dissertation beschreibt Ökologie und Verhalten einer Hirschkäferpopulation im Moseltal im Bereich der Gemeinden Alf und Bullay (Kreis Cochem-Zell). Im Rahmen einer Kartierung werden darüber hinaus Vorkommen im nördlichen Rheinland-Pfalz dokumentiert.

Grundlage der Untersuchung ist die Radiotelemetrie der adulten Hirschkäfer im Freiland. Die Anwendung dieser Methode liefert auch über den eigentlichen Untersuchungszweck hinausgehende quantitative und qualitative Erfahrungswerte für diese noch selten bei fliegenden Käfern angewendete Methode. Daneben werden Fundortmeldungen, Brutstättenmonitoring, Morphometrie und Insektarienuntersuchungen als ergänzende und vergleichende Methoden eingesetzt. Es erfolgt so eine quantitative Beschreibung geschlechtsspezifischer Verhaltenweisen adulter Hirschkäfer wie z. B. Aktivitäts-, Dispersions- und Fortpflanzungsverhalten, Habitatpräferenzen sowie eine Beschreibung der Entwicklungsabläufe im Bruthabitat.

Die Ergebnisse zeichnen ein Bild vom Leben der Hirschkäfer, das von den bisherigen Vorstellungen weitgehend abweicht. Hirschkäfer brauchen Offenlandstrukturen und sind im Moseltal erfolgreiche Kulturfolger. Sie leben heute dort nahezu unbemerkt in der urbanen Landschaft. Die vielfach beschriebene enge Bindung an die Baumart Eiche ist keine zwingende Voraussetzung für eine erfolgreiche Populationsbildung. Im gesamten Fortpflanzungsverhalten kommt der Brutstätte eine zentrale Bedeutung zu, dabei ist die Vernetzung der Brutstätten eine Grundvoraussetzung. Das Fortpflanzungsverhalten unterliegt einer Regelstrategie, zu der es aber auch Alternativen gibt. Das beobachtete Dispersionsverhalten ermöglicht die Abgrenzung von Populationen.

Für den Naturschutz ergeben sich aus den Ergebnissen Konsequenzen und Möglichkeiten für Schutzgebiete und die Anlage künstlicher Bruthabitate. Daneben wirft diese Untersuchung aber auch die Frage der Bewertung von Gefährdung und Seltenheit dieser Art als Ergebnis subjektiver Wahrnehmungen auf.

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeine Einleitung	1
2.	Untersuchungsgebiet	8
3.	Aktuelle Verbreitung der Hirschkäfer im nördlichen Rheinland-Pfalz mit Schwerpunkt Moseltal	18
4.	Radio-telemetric monitoring of dispersing stag beetles (<i>Lucanus cervus</i> L.): implications for conservation	32
5.	Jahres- und tagesspezifische Aktivitätsperioden und Konditionsverläufe adulter Hirschkäfer	49
6.	Geschlechtsspezifisches Fortpflanzungsverhalten beim Hirschkäfer	63
7.	Habitatpräferenzen des Hirschkäfers (<i>Lucanus cervus</i>) in der Kulturlandschaft – eine methodenkritische Analyse.	87
8.	Charakterisierung des Bruthabitats und Beschreibung der Entwicklungsabläufe	104
9.	Gesamtdiskussion	132
10.	Gesamtliteraturverzeichnis	139
11.	Zusammenfassung	147
12.	Dank	149
13.	Erklärung	150
14.	Lebenslauf	151

1. Allgemeine Einleitung

Der Hirschkäfer *Lucanus cervus* ist nicht nur der größte, sondern wohl auch der bekannteste Käfer Mitteleuropas (Klausnitzer 1995, Sprecher-Uebersax 2001). Die geweihartigen Mandibeln des Männchens erklären seinen Namen von selbst. Er erweckte in der Geschichte des Menschen unter den Aspekten wie Kult, Medizin und Nahrung immer wieder Interesse. Dies brachte ihm auch Namen wie Feuerschröter, Pferdeklemmer oder Teufelspferd ein (Ratzeburg 1839, Conconi 1982, Schimitschek 1968). In der Literatur, der Kunst sowie der Philatelie findet er sowohl in der Historie als auch aktuell immer wieder seinen Platz (Klausnitzer 2002, Eisler 1991, Lucht 1987, 1989 u. 1994, Abb.1.1) In Deutschland erlangte der Hirschkäfer mit dem Reichsnaturschutzgesetz 1935 einen gesetzlichen Schutzstatus, der bis heute gilt und darüber hinaus europaweit Einzug gehalten hat. Während damals sein Schutzstatus vor allem aus seiner Eigenart und Schönheit abgeleitet wurde, sind es heute vor allem ökologische Betrachtungen, die den Hirschkäfer als Flaggschiffart zum Schutz unserer Wälder und seiner Bewohner einsetzen (Sprecher-Uebersax 2001). Im Anhang I der FFH-Richtlinie (1992) zählt der Hirschkäfer zu einer der 630 Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, deren Schutz die biologische Vielfalt und damit die Qualität der Umwelt sichern soll.



Abb 1.1: Hirschkäfer in der aktuellen Kunst: Hirschkäferkupperplastik von William Schanzer (Bilik) Worms-Herrnsheim

Das Wissen über die Lebensweise und Entwicklung des Hirschkäfers war trotz seines Bekanntheitsgrades und seiner ihm zugemessenen Bedeutung lange Zeit sehr lückenhaft, ja anekdotenhaft und beruhte meist auf Einzelbeobachtungen spektakulärer Rivalenkämpfe oder Beschreibungen von Treffen der Geschlechter an Leckstellen (Tippmann 1954). Intensivere und umfassendere Untersuchungen liegen mittlerweile vor, mit deren Erkenntnissen das Wissen über ihn weiter strukturiert wurde. Hier sind Publikationen von Tochtermann (1987, 1992), Sprecher-Uebersax (2001), Smith (2003) oder Harvey und Gange (2006) zu erwähnen. Dennoch sind noch viele Einzelfragen nicht abschließend geklärt, wie z.B. die Geschlechterfindung, das Nahrungsverhalten der adulten Käfer, Flugverhalten, Häufigkeit, aber auch Fragen wie die Ansprüche an den Lebensraum bis hin zur Bedeutung eines einzelnen Bruthabitates innerhalb der Population. Vor allem fehlt es an quantitativen Ergebnissen und statistischer Absicherung. Die vorgelegte Arbeit soll zur Beantwortung dieser Fragen und zur Verifizierung von bisherigen Beobachtungen einen Beitrag leisten. Hier geht es auch um die Bedeutung der Baumart Eiche (*Quercus petraea* und *Quercus robur*) sowie des Waldes im Lebenszyklus des Hirschkäfers, die Tochtermann (1992) und Smith (2003) bereits unterschiedlich bewerten.

Die Schutzwürdigkeit dieser Art ist wegen ihrer Eigenart und Schönheit sowie ihrer heute bekannten Stellung im Zersetzungskreislauf unbestritten. Die ökologische Bedeutung xylobionter Käferarten insgesamt ist für den Zersetzungskreislauf holziger Pflanzen sehr hoch, führt aber gerade bei den Arten der ersten Phase aus anthropogener Sicht zur Schädlingseinstufung, wie dies beim Borkenkäfer *Ips typographus* deutlich wird. Auch der heute geschützte Heldbock *Cerambyx cerdo* wurde sehr lange vom Menschen als Schädling eingestuft (Neumann 1997). Mit ihrer zerstörerischen Tätigkeit leiten sie aber auch einen Absterbeprozess ein, der zwar in der vollständigen Zersetzung des Baumes endet, damit aber die Grundlage für den Aufbau neuen Lebens schafft (Marti 1988). Während dieses je nach Baumart über Jahre hinweg andauernden Prozesses partizipiert auch die umgebende Tierwelt, wie z. B. Specht, Kleiber, Siebenschläfer oder Marder, die Nahrung und Schutz in diesem Habitat suchen. Das heißt, die direkte Zersetzungslebensgemeinschaft steht auch in intensiven Beziehungen zur Umgebung. Die Tätigkeit von *Lucanus cervus* setzt in diesem Kreislauf erst in der letzten Phase ein, er bringt keinen Baum zum Absterben, sondern treibt die vollständige Zersetzung des bereits angefaulten

Wurzelstockes zu Humus voran. Damit ist er frei von jedem Schädlingsimage. Andererseits ist er damit abhängig vom jeweiligen Totholzangebot. Die Notwendigkeit ihn zu schützen, betrachtet man die europaweite Unterschutzstellung und die Einstufungen auf den Roten Listen gefährdeter Tierarten, scheint ebenfalls gegeben, beruht jedoch wohl weniger auf quantitativen Rückgangsdaten als auf subjektiven Einschätzungen. Eine Unterschutzstellung wirkt aber nur dann, wenn wirksame Instrumente vorhanden sind. Tötungs-, Sammel- und Besitzverbote sind richtig, die Rolle solcher Verfehlungen ist aber bei dieser sehr versteckt lebenden Käferart sowie dem Schutzbewusstsein in unserer Gesellschaft eher als gering anzusehen. Schwieriger wird es beim Schutz seiner Entwicklungsstadien, sie sind zwar geschützt, aber die genaue Lage des Bruthabitates ist nur selten bekannt. Hier soll der Schutz durch entsprechende Waldbewirtschaftung und Ausweisung von Schutzgebieten erfolgen. Dies setzt voraus, dass die Brutstätten im Wald liegen und ausgewiesene Schutzgebiete zum einen die Bruthabitate erfassen und andererseits Bruthabitate durch geeignete Maßnahmen vor Zerstörung bewahren können. Antworten zu diesen Fragestellungen sollen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchung entwickeln lassen und damit auch eine praktische Hilfe im Naturschutz werden. Bisherige Untersuchungen zielen im Wesentlichen auf Maßnahmen im Wald und rund um die Baumart Eiche (*Quercus petraea* und *Quercus robur*) ab (Tochtermann 1992, Sprecher-Uebersax 2001).

Im Untersuchungsgebiet wurden in 1999 nachgewiesene Vorkommen in den Jahren 2000-2005 mit verschiedenen Methoden untersucht. Das Untersuchungsgebiet im Moseltal wird dabei zunächst in seiner Gesamtstruktur beschrieben, um Vergleiche mit Publikationen anderer Regionen ziehen zu können. Alle Untersuchungen, bis auf überregionale Aspekte der Kartierung, stammen aus diesem Gebiet. Smith (2003) zieht seine Informationen aus überregionalen Einzelmeldungen. Sprecher-Uebersax (2001) betrachtet fünf einzelne kleinräumige Untersuchungsgebiete in einer Region, ergänzt durch regionale Meldungen über einen Zeitraum von acht Jahren.

Mit der Radiotelemetrie als Untersuchungsmethode wurde das von Sprecher-Uebersax (2001) erstmals bei *Lucanus cervus* bei acht Käfern eingesetzte Verfahren nunmehr bei 56 Käfern in einem Untersuchungsgebiet vom Bruthabitat ausgehend eingesetzt. Die Radiotelemetrie bietet dabei die Möglichkeit über zehn bis zwölf Tage das gleiche Individuum zu beobachten. Der Zeitraum wurde auf die Jahre 2003-2005

begrenzt. Innerhalb dieses Zeitraums wurden die lokalen Wetterdaten für das Untersuchungsgebiet festgehalten. Radiotelemetrie ist bei den Vertebraten eine häufig angewendete Methode des Monitoring, bei Insekten wie fliegenden Käfern oder Schmetterlingen war es in der Vergangenheit die Ausnahme. Seit der Entwicklung sehr leichter Sender Anfang der 90-er Jahre gibt es aber auch hier Monitoringuntersuchungen wie z.B. bei der Grillenart *Anabrus simplex* (Lorch et al. 2000) sowie für fliegende Käfer wie *Lucanus cervus* (Sprecher-Uebersax 2001), *Osmoderma eremita* (Hedin und Ranius 2002) und *Scapanes australis australis* (Beaudoin-Ollivier et al. 2003). Mit der Kartierung von Fundortmeldungen unterstützt durch aktiven Aufruf zur Meldung und einer sorgfältigen Evaluierung der Daten wurde eine bereits bewährte Methode herangezogen. Brutstättenmonitoring und Insektarienbeobachtungen sind von der Methodik her ebenfalls keine neuen Verfahren, aber insbesondere das Brutstättenmonitoring von benachbarten Brutstätten mit hohem personellem Aufwand stellt für den Hirschkäfer auch mangels bisheriger Kenntnis der Brutstättenstandorte eine neue Methode dar. Im Rahmen der Untersuchung wurden angetroffene Käfer bezüglich ihrer aktuellen Morphometriedaten dokumentiert. Damit wurden Veränderungen bezüglich Zeit und Gewicht und deren Beeinflussung durch Umwelteinflüsse dokumentiert. Bisherige Untersuchungen (Sprecher-Uebersax 2001, Klausnitzer 1995) beschreiben in erster Linie Durchschnittsgrößen sowie Maximal- und Minimalwerte, lassen dabei das Gewicht als Variable außer Betracht.

Mit den gewählten Methoden soll die Hirschkäferpopulation im Untersuchungsgebiet aus verschiedenen Blickwinkeln und möglichst ungestört betrachtet werden. Das Bruthabitat wird neben dem Monitoring zur oberirdischen Aktivitätszeit auch durch einzelne Grabungen und die Beobachtungen der Larvalentwicklung bis hin zum Schlupf im Insektarium beschrieben. Damit sollen neben der Beschreibung des Bruthabitatkriterien auch die Entwicklungsabläufe nach der Embryonalentwicklung bis zum Schlupf dargestellt werden. Damit sollen bisherige Untersuchungen von Tochtermann (1987/1992) und Sprecher-Uebersax (2001) ergänzt werden.

Die ermittelten Daten werden mittels quantitativer Beschreibung und statistischer Analysen aufgearbeitet. Qualitative, dokumentierte Beobachtungen liefern Ergänzungen. Die Arbeit gliedert sich neben der Beschreibung des Untersuchungsgebietes in sechs thematische Kapitel, in denen Ergebnisse der

angewendeten Methoden dargestellt werden. Die Verbreitung der Hirschkäfer im nördlichen Rheinland-Pfalz (Kapitel 3) zeigt neben einer Verbreitungsübersicht Möglichkeiten und Grenzen solcher Kartierungen auf. Im Kapitel 4 zur Radiotelemetrie der Hirschkäfer wird neben der inhaltlichen geschlechtsspezifischen Auswertung auch Wert auf die methodische Darstellung gelegt, da es sich noch um ein für Käfer neueres Verfahren handelt. In den Kapiteln 5 bis 7 werden die erarbeiteten Ergebnisse in die Themenbereiche Aktivitätsverlauf und Konditionsverlauf, Fortpflanzungsverhalten und Habitatnutzung gegliedert. Die Darstellung erfolgt dabei ebenfalls geschlechtsspezifisch, um Unterschiede markant darzustellen. Kapitel 8 beschreibt das Bruthabitat und die Entwicklungsabläufe bis zum Schlupf. In der übergreifenden Diskussion in Kapitel 9 werden die sich aus den Kapiteln ergebenden Aspekte miteinander verknüpft und insbesondere Folgerungen für den Schutz dieser Art diskutiert.

Ziele dieser Untersuchung sind:

1. Das oberirdische Imaginalleben innerhalb einer Hirschkäferpopulation im Freiland zu beobachten.
2. Die quantitative Darstellung und Absicherung geschlechtsspezifischer Verhaltensweisen der Imagines sowie der Dokumentation qualitativer Beobachtungen.
3. Die Brutstätte zu charakterisieren und die Entwicklungsabläufe darin darzustellen.
4. Einen Verbreitungsüberblick für das nördliche Rheinland-Pfalz zu geben.
5. Durch die Anwendung unterschiedlicher Methoden Fehlinterpretationen auszuschließen.
6. Das Sammeln weiterer Erfahrungen mit der bei Käfern bisher selten angewendeten Methode der Radiotelemetrie.

Literaturverzeichnis

Beaudoin-Ollivier, L., Bonaccorso, F., Aloysius, M. & Kasiki, M. (2003): Flight movement of *Scapanes australis australis* (Boisduval) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Papua New Guinea: a radiotelemetry study. *Aust. J. Entomol.* **42**: 367-372.

Conconi, J.R.E. DE (1982): Los insectos como fuente de proteínas en el futuro.- Editorial Limusa Mexico

- Eisler, C. (1991):** Dürer's animals.-Smithsonian Institution Press, Washington und London
- FFH-Richtlinie, 1992:** Richtlinie 93/43 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier und Pflanzen Anhang 2 ABI. EG. Nr. L 2067/ vom 22.7.92
- Harvey, D. J. & Gange, A. C. (2006):** Size variation and mating success in the stag beetle, *Lucanus cervus*. *Physiological Entomology*, online early. doi: 10.1111/j.1365-3032.2006.00509.x
- Hedin, J. & Ranius, T. (2002):** Using radio telemetry to study dispersal of the beetle *Osmoderma eremita*, an inhabitant of tree hollows. *Computers and Electronics in Agriculture* **35**: 171-180.
- Horion, A. (1958):** Faunistik der mitteleuropäischen Käfer, Band 6: Lamellicornia-Überlingen
- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Klausnitzer, B. (2002):** Wunderwelt der Käfer. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg-Berlin 2. Auflage
- Lorch, P.D. & Gwynne, D.T. (2000):** Radio-telemetric evidence of migration in the gregarious but not the solitary morph of the Mormon cricket (*Anabrus simplex*: Orthoptera: Tettigoniidae). *Naturwiss.* **87**: 370-372.
- Lucht, W. (1987):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. Internat. ent. Ver. 12: 89-105
- Lucht, W. (1991):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. 1. Fortsetzung Internat. ent. Ver. 16: 153-158
- Lucht, W. (1987):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. 2. Fortsetzung Internat. ent. Ver. 19: 147-152
- Marti, Thomas (1988):** Die Lebenswelt der Käfer, Verlag freies Geistesleben Stuttgart
- Neumann, V. (1997):** Der Heldbockkäfer, Vorkommen und Verhalten eines vom Aussterben bedrohten Tieres, Alexander-Antonow-Verlag Frankfurt
- Ratzeburg, J.T.C. (1839):** Die Forstinsekten. T.1-Berlin
- Schimitschek, E. (1968):** Insekten im Brauchtum, Kult und Kultur.-Hanb. Zool. 4Bd., Arthropoda 2, Hälfte Insekten, T1 Beitr. 10- Berlin

Sprecher-Uebersax, E., Durrer, H. (2001): Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus L.* mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung, Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft beider Basel 5: 161-182.

Smith, M.N. (2003): National Stag Beetle Survey 2002, London, People's Trust for Endangered Species.

Tippmann, F. (1954): Neues vom Leben des Hirschkäfers, Ent. Bl. 50: 175-183

Tochtermann, E. (1987) Modell zur Artenerhaltung der Lucanidae. Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.

Tochtermann, E. (1992): Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 6: 308-311.

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Übersicht und Abgrenzung

Das Untersuchungsgebiet wird wegen der Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen in zwei Bereiche untergliedert.

1. Den Bereich der Regionalen Kartierung: Er umfasst den nördlichen Teil von Rheinland-Pfalz. Das nördliche Rheinland-Pfalz hat eine Gesamtfläche von rund 1.200.000 ha (Abb.2.1).

2. Den Bereich der lokalen Kartierung: Er beinhaltet neben der Kartierung von Hirschkäfermeldungen auch alle anderen Untersuchungsaspekte. Das Gebiet liegt in den Gemarkungen Alf und Bullay sowie einem Waldgebiet der Gemeinde Pünderich, das in der Folge Alf und Bullay zugeordnet wird. Das gesamte Gebiet liegt im Kreis Cochem-Zell. Das kleinräumige Untersuchungsgebiet hat eine Fläche von rund 855 ha (Abb.2.1, Abb.2.2)



Abb. 2.1: Übersicht Untersuchungsgebiete

2.2. Region Nördliches Rheinland-Pfalz

2.2.1. Geologie

Im nördlichen Rheinland-Pfalz entfallen 92 % der Fläche auf das Rheinische Schiefergebirge und 8% auf das Südwestdeutsche Lothringische Schichtstufenland. Mosel und Rhein sowie deren Nebenflüsse gliedern die Gebirgsformationen Eifel, Hunsrück und Westerwald und grenzen zusammenhängende Naturräume ab. Es entfallen 18% der Fläche auf die flussnahen Naturräume Mosel, Mittelrhein und Lahn und 82% auf die Mittelgebirgsnaturräume von Eifel, Hunsrück und Westerwald. Die Höhenzonierung reicht von 50 Metern bei Remagen am Rhein über 656 m an der Fuchskaute im Westerwald, 747 m an der Hohen Acht in der Eifel und 818 m beim Erbeskopf im Hunsrück. Ausgangsgesteine sind Sedimentgesteine des Unterdevons, vorwiegend Schiefer und Grauwacke, teilträumlich dazu Quarzite und Kalke. In Eifel und Westerwald werden Kuppen, Kegel und Decken aus tertiärem und pleistozänem Material erloschener Vulkane gebildet. Überwiegende Bodenformen sind Braunerden, teilweise Gley bzw. Pseudogley aus carbonatfreiem und silikathaltigem Ausgangsgestein sowie Parabraunerden, teilweise (Pseudogley) aus carbonathaltigen, meist lockerem Sedimentgesteinen (MUF, 1994)

2.2.2. Temperatur- und Niederschläge

Das Klima der Berglandschaften ist subatlantisch geprägt und kühl-gemäßigt. Die Tallagen von Rhein, Mosel und Lahn sind klimatisch bevorzugt mit kontinentalerem Charakter. In den Hochlagen von Eifel und Westerwald werden Niederschläge bis 1000-1100 mm erreicht, in den Tallagen gehen sie bis auf 750 mm zurück, am Unterlauf von Mosel und Lahn sogar bis auf 500-550 mm. Die Temperaturen in den Tälern von Rhein, Mosel, Nahe, Lahn und Ahr erreichen sommerliche Werte im Mittel von 20°C und steigen bis auf Maximalwerte von 40 °C. Die langjährige mittlere Januar-temperatur hält sich im Durchschnitt bei 1-3 °C. Am kältesten sind die rauen Hochlagen der Westeifel und Hunsrück. Die mittlere Januar-temperatur sinkt auf -2,5 °C ab und erreicht dort im Juli nicht mehr als 14°C (MUF 1994).

2.2.3 Landschaftsstruktur und Entwicklung

Durch menschliche Aktivitäten beträgt der Waldanteil heute 41,6 %, der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen liegt bei 42,6 %. 13,8 % der Landesfläche werden für Siedlung und Verkehr benötigt. Mit 41,6 % Waldanteil gilt Rheinland-Pfalz als walddreiches Land im Vergleich zu anderen Bundesländern (Regionaler Waldbericht 2005).

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts waren die weitgehend natürlich aufgebauten Wälder durch Übernutzung auf großer Fläche verlichtet und teilweise zerstört. Im 19. Jahrhundert begann angesichts der rasch wachsenden Bevölkerung und der Industrialisierung der Aufbau neuer Wälder mit dem Ziel einer möglichst hohen Holzproduktion. Im Zuge dieses Denkens entstanden zunehmend bis in die 80er Jahre des letzten Jahrhunderts Nadelholzmonokulturen mit überwiegend Fichte und in der letzten Phase mit Douglasie. Aus dieser Zeit resultieren aber auch die heutigen Buchen- und Eichenalthölzer. Seit Mitte der 80er Jahre und letztlich mit den Stürmen Vivian und Wiebke 1990 begann eine Rückbesinnung in Richtung Laubholz und Orientierung an der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft. Unbeeinflusst von diesem Wandel blieben die so genannten ertragsschwachen Niederwälder an den großen Flüssen, die bis 1950 in Form der Rottwirtschaft genutzt wurden und seit dem Erliegen dieser Bewirtschaftung ohne Nutzung wachsen oder in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts in Douglasienwälder umgewandelt wurden. Landesweit beträgt heute der Laubholzanteil etwa 50%, hier dominieren Eiche (40%) und Buche (42%) und weitere Laubbaumarten wie Kirsche, Esche, Ahorn etc. (MUF 1997).

Die Landwirtschaft prägt die Flusstäler durch den Weinbau, vornehmlich die warmen südlichen Hanglagen. Auf den ebenen Flächen der Mittelgebirge wird das Bild durch Ackerbauflächen geprägt.

Das nördliche Rheinland-Pfalz ist insgesamt ein walddreiches Land mit überwiegend ländlichen Strukturen. An Rhein und Mosel befinden sich mit Koblenz und Trier lediglich zwei größere Städte als Bereiche mit sehr dichter Besiedlung.

2.3. Raum Alf-Bullay

Das Gebiet liegt an der Mosel zwischen Eifel und Hunsrück. Es umfasst im wesentlichen die Gemarkungen Alf und Bullay sowie Randbereiche der Gemarkung Pünderich (Sternenwald), die mit einbezogen wurden. Die Ortschaften Alf und Bullay liegen sich direkt gegenüber, Bullay auf einer Gleithangseite der Mosel, Alf auf einer

Prallhangseite. Der Ort Alf hat sich zudem in den breiten Mündungsbereich des Alfbaches ausgedehnt (Abb. 2.2). Das Gebiet ist ca. 855 ha groß.



Abb. 2.2: Übersicht lokales Untersuchungsgebiet Alf-Bullay (Digitale Luftbildkarte 2002 Forstamt Zell)

2.3.1 Standörtliche Grundlagen

2.3.1.1. Boden

Die Tonschieferverwitterungsböden zeichnen sich durch unterschiedliche Gründigkeiten und Skelettgehalte aus. In den Hanglagen zu Mosel und Seitentälern sind sie oft flachgründig und skelettreich, auf den Plateaulagen der Berge eher tiefgründig mit Tendenz zur Staunässe durch vorhandene Decklehmschichten. Im Überschwemmungsbereich der Mosel sind die Böden ebenfalls tiefgründig, neigen aber weniger zur Staunässe. Kalk fehlt, die Böden sind mesotroph (FE 1990).

2.3.1.2. Höhenzonierung und Geländemorphologie

Die Höhenzonierung geht von 94 m ü.NN. am Flussufer der Mosel bis 395 m ü.N.N. in Alf, 338 m ü.N.N. in Bullay und 301 m ü.N.N. im Pündericher Sternenwald. Die Mosel, ein Fließgewässer 1. Ordnung wurde 1960 kanalisiert und mit Stauwehren versehen. Natürliche Flussauen sind hier durch Uferbefestigungen und Begradigungen ersetzt. Die Breite der Mosel schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen 100 und 200 Metern. Das Moseltal zeigt im Untersuchungsbereich durch starke, weit fortgeschrittene Mäandrierung eine weite Talöffnung, die durch den Mündungsbereich des Alfbaches in die Mosel nachmals verstärkt wird. Die Anstiege sind entsprechend der Mäanderform in Bullay sanft und in Alf steil.

2.3.1.3. Wetter

Das Untersuchungsgebiet liegt im warmen Weinbauklima. Hangneigung, Exposition und Flussnähe schaffen kleinstandörtlich bedeutsame unterschiedliche Verhältnisse. Die Niederschläge liegen mit 867 mm für den Moselbereich recht hoch (Tab. 2.1).

Tabelle 2.1: Temperatur/Niederschläge Bullay (180 m ü. NN) 1977 bis 2004 (Meteosarret 2004)

Mittelwert	Jahr	Mai	Juni	Juli
Temp. °C	9,9°C	14°C	17°C	19°C
Niederschlag	867 mm	68 mm	74 mm	69 mm

Die Mosel unterliegt in ihrem Pegel durch regionale Niederschlagspitzen sowie durch Zuflussspitzen im Winterhalbjahr größeren Schwankungen. Es kommt regelmäßig zu Überschwemmungen in Ufer-, Garten- und Ortsbereichen. Das gleiche für den Mündungsbereich des Alfbaches.

2.3.2. Flora und Fauna

Die Tier- und Pflanzenwelt im Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch eine Vielzahl an wärmeliebenden Tier- und Pflanzenarten aus, ergänzt durch anthropogene Ansiedlungen. Als Beispiele werden hier für die Pflanzen der Grannenschildfarn und für die Tierwelt der Eisvogel genannt. Das Moseltal gilt für Käfer als Ausbreitungslinie aus Richtung Westen (Koch 1968). *Lucanus cervus* hat hier ein natürliches Verbreitungsgebiet und galt hier bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts als häufig.

Leitbaumarten im Wald sind die Traubeneiche (Stieleiche), Wildkirsche, Hainbuche, Buche sowie je nach Standort Ahorn, Esche, Ulme, Weidenarten und Erle. Anthropogen sind hier Fichte, Douglasie, Lärche und andere Nadelbaumarten eingebracht worden. Außerhalb des Waldes sind zudem Streuobstsorten wie Apfel-, Birnen-, Kirsch- und Pflaumensorten sowohl als Einzelbäume oder kleinflächige Obstbestände erhalten. Markant sind in Bullay ein hoher Anteil an Pappeln und Akazien im Bahnliniensbereich. In den Gärten selbst ist die Baumartenauswahl sehr vielfältig. In der Ortslage findet man viele der im Wald beheimateten Baumarten (Eiche, Wildkirsche, Birke, Fichte) sowohl als Einzelbäume als auch in Gruppen

2.3.3. Flächenstruktur und Verteilung

2.3.3.1. Ortslagen

2.3.3.1.1 Alf (969 Einwohner)

Dorf, mit eng bebautem altem Ortskern am Moselufer. Ins Alfbachtal hinein Gartenlandschaft, Flussbegradigung und Neubaugebiete mit offenerer Bauweise. Südost- bis Südwesthänge sind Weinbaugebiete, die heute stark zurückgehen mit zunehmender Verbuschung. Nordwestlagen als Streuobsthänge, teilweise bis in Tallagen bewaldet. Ausweisung eines Baugebietes in diesen Bereichen. Großteile der Tallage im Hochwassergebiet. Oberhalb der Weinberge Wald. Steile Seitentäler entlang des Alfbaches.

2.3.3.1.2 Bullay (1649 Einwohner)

Dorf mit engem, altem Ortskern, am Moselufer teilweise im Hochwassergebiet, der sich seit den 50er Jahren entlang des mäßig ansteigenden Westhangs bergseitig in alte Streuobstbestände ausbreitet. Dort sehr offene Bauweise mit alten

Baumbeständen. Bahnlinie durchschneidet gesamten Ort. Weinberge in steileren Südwestlagen.

Tab. 2.2: Aufteilung der Gemarkung nach Nutzungen

Nutzungsart	Flächenanteil Untersuchungsgebiet	Anteil % am Untersuchungsgebiet
Ortslage, Gärten, Verkehr Mosel	144 ha	16,9 %
Weinberg/Ackerbau	65 ha	7,6 %
Streuobstflächen	15 ha	1,8 %
Wald	631 ha	73,7 %
Gesamtfläche	855 ha	100 %

2.3.3.2 Land- und forstwirtschaftliche Strukturen

2.3.3.2.1 Weinbau

Die Weinbergslagen liegen überwiegend in den süd-/südwestlich exponierten Hanglagen, Weinbaulagen sind Reinbestände, die normalerweise Wald und Ortslage flächig trennen. Führende Weinbausorte ist der Riesling. Erst durch das Brachfallen einzelner Parzellen in den letzten 15 Jahren setzte eine Verbuschung bis hin zur Wiederbewaldung ein.

2.3.3.2.2 Streuobstbestände/Gartenstrukturen

Die Flächen an Streuobstwiesen waren in Bullay einst ortsbildprägend, sind heute durch Bautätigkeit und Weinbau nur noch rudimentär vorhanden. Gärten sind in vielfältiger Form vorhanden. In Alf blieb ein Großteil der Gartenlandschaft im Mündungsbereich des Alfbaches erhalten, ein anderer wurde bebaut. Weitere Streuobstwiesen in Hanglage verbuschen zunehmend, teilweise sind sie zu Bauland geworden.

2.3.3.3 Wald

Die derzeitige Waldstruktur um die Ortslagen von Alf und Bullay gliedert sich in bewirtschaftete Wälder, Niederwälder, Schutzwälder und Sukzessionswälder. Der Flächenanteil beträgt ca. 73,7 % (FE 1990).

Tab. 2.3: Waldstruktur (FE 1990)

Waldform	Fläche ha	Anteil % (Untersuchungsgebiet)
Wirtschaftswald	331 ha	52,4 %
Wirtschaftswald a.r.B. (Niederwald+Schutzwald)	250 ha	39,7 %
Sukzessionswald	50 ha	7,9 %

Tab. 2.4: Baumartenanteile im Wald (FE 1990)

Baumart	Anteil %
Laubholz	70 %
Eiche (<i>Quercus petraea</i> , <i>robur</i>)	40 %
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)	10 %
Sonst. Laubholz (Kirsche <i>Prunus avium</i> ,Hainbuche <i>Caprinus betulus</i> Esche Ahorn Pappel etc.)	20 %
Nadelholz	30 %
Fichte (<i>Picea abies</i>)	10 %
Douglasie (<i>Pseudotsuga</i> <i>menziesii</i>)	18 %
Sonst.	2 %

2.3.3.3.1 Wirtschaftswald außer regelmäßigem Betrieb

Wälder geringer Ertragsfähigkeit, die nicht regelmäßig bewirtschaftet werden, im Untersuchungsgebiet Niederwälder und Schutzwälder

Niederwald: Großteile der Gemeindewälder von Alf und Bullay wurden seit Jahrhunderten als Niederwälder genutzt, einem Wechsel zwischen Holz- und landwirtschaftlicher Nutzung. Dabei handelt es sich um Eichen-Hainbuchenwälder aus so genanntem Stockausschlag, die in 15-20-jährigem Turnus genutzt wurden. Die Rinde der Eichen wurde zu Gerbzwecken vermarktet, das Holz als Brennholz genutzt. Die entstandene Freifläche durfte 3 Jahre lang landwirtschaftlich genutzt

werden, bis wieder junge Triebe aus den Stöcken nachgewachsen waren und die Fläche wieder zu Wald heranwuchs. Der Niederwald wurde so turnusmäßig in Flächenabschnitten genutzt. Die Niederwaldwirtschaft kam etwa ab 1950 mit zunehmendem Wohlstand zum Erliegen.

Schutzwald: Über den Weinbergen hatte der Wald Schutzfunktion gegenüber Kaltlufteinbrüchen. Hier wurde auf Dauerbestockung geachtet. Heute ist diese Funktion durch die Verbuschung und den Rückgang der Weinbaufläche von geringerer Bedeutung.

2.3.3.3.2. Wirtschaftswald

Seit Beginn des 18. Jahrhunderts wird nachhaltige Forstwirtschaft betrieben. 200-jährige Trauben-(Stiel)-eichenbestände auf den Anhöhen über dem Moseltal sind Ergebnis dieser Bewirtschaftung. Nadelhölzer (Fichte und Lärche) wurden ebenfalls seit dieser Zeit in geringem Maße mit angebaut. In den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts kam es zu einer verstärkten Aufforstung mit Nadelholz, als ertragsschwache ehemalige Niederwälder in Douglasien und Fichtenreinbestände umgewandelt wurden. Die Bewirtschaftung erfolgte im schlagweisen Hochwaldbetrieb mit einer möglichst „sauberen“ Forstwirtschaft, seit den 90er Jahren zunehmend nach den Grundsätzen des naturnahen Waldbaues unter Belassung von Totholz.

2.3.3.3.3. Sukzessionswälder

Diese Wälder entstehen aus Weinbergsbrachen. Je nach Ausgangszustand der Brachfläche in unterschiedlich langen Zeiträumen. Baumarten sind Birke, Eiche, Weide, Hainbuche, Kirsche.

2.4 Literatur

FE (1990): Forsteinrichtungswerke der Gemeinden Alf, Bullay u. Pünderich 1990

Koch, K. (1968): Käfer der Rheinprovinz, Decheniana-Beihefte Nr. 13

Meteosarret (2004): Hans Braun, Meteosarret Wetterstation 56859 Bullay, unveröffentlicht

MUF (1994): Ministerium für Umwelt und Forsten 1994, Forstatlas-Beiheft, Mainz

MUF (1997): Ministerium für Umwelt und Forsten 1997, Leitbild der Forstwirtschaft

Regionaler Waldbericht (2005): Regionaler Waldbericht Rheinland-Pfalz, PEFC Arbeitsgruppe 2005 Waldbesitzerverband Rheinland-Pfalz e.V.; Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz.

3. Aktuelle Verbreitung der Hirschkäfer im nördlichen Rheinland-Pfalz mit Schwerpunkt Moseltal

Zusammenfassung.

Regionale Kartierungen mittels Aufrufe über Medien waren beim Hirschkäfer eine geeignete Methode, Hirschkäfervorkommen zu lokalisieren, wenn auch der potentielle Lebensraum Wald nur unzureichend abgedeckt wurde. Eine Validierung jeder Meldung war jedoch notwendig. Die Kartierung im nördlichen Rheinland-Pfalz zeigte, dass gegenwärtig Hirschkäfer an Rhein, Mosel und Lahn sowie den angrenzenden Gebieten verbreitet vorkommen. Hirschkäfer erwiesen sich als erfolgreiche Kulturfolger, nicht als Habitatspezialisten. Bruthabitate konnten als Schwerpunkte von Individuenmeldungen gut eingegrenzt und anschließend durch gezielte Suche identifiziert werden. Hirschkäfer werden heute selbst in Gebieten, in denen sie häufig vorkommen, von der Bevölkerung ohne vorherige Sensibilisierung kaum wahrgenommen. Für den Schutz der Art ergaben damit neue Aspekte.

Publikation: Decheniana –Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens– zum Druck angenommen: 160/2007

3.1 Einleitung

Das Verbreitungsgebiet von *Lucanus cervus* erstreckt sich über große Teile Europas, Kleinasiens und Syriens (Horion 1958). In Europa liegt die nördliche Verbreitungsgrenze in Südschweden, es gibt Vorkommen in England, Wales und Irland. Er fehlt in Schottland und in Bereichen Nordeuropas sowie in den südlichen Teilen Italiens, Spaniens sowie auf Sardinien und Korsika (Horion 1958, Luce 1997, Smith 2003). Verbreitungsgrenzen sagen jedoch wenig über das Vorkommen in einer Region eines Landes, denn sie beschreiben nur geographische Randgebiete der Ausbreitung. Dies gilt vor allem für stenöke Arten, die geringe Toleranzbereiche und damit spezielle Ansprüche an den Lebensraum haben. Der Hirschkäfer gilt als eine solche Art mit geringer Ausbreitungsfähigkeit und speziellen Habitatansprüchen (Sprecher-Uebersax 2001).

Für Großbritannien, die Nordwestschweiz und Spanien liegen genaue Verbreitungskarten und Angaben zum regionalen und nationalen Status der Käfer vor (Sprecher-Uebersax & Durrer 1998, Galante & Verdu 2000, Lopez-Colon 2000, Smith 2003). In Deutschland erfolgt die Analyse der Verbreitung auf Länderebene

(Zwischenstand: Müller 2001) und ist in z.B. Sachsen abgeschlossen (Nüssler 1967), während in Hessen und Nordrhein-Westfalen noch laufende Projekte Kartierungslücken schließen (Kretschmer 2003, Schaffrath 2003). In Rheinland-Pfalz hingegen gibt es bislang noch keine flächendeckende Kartierung. Informationen liefern hier lediglich die Meldungen zur FFH-Richtlinie. Da auf diese Weise wahrscheinlich erst 25 % der Vorkommen in Rheinland-Pfalz erfasst wurden, die zudem überwiegend aus dem südlichen Landesteil stammen, ergibt sich für das nördliche Rheinland-Pfalz die Notwendigkeit einer quantitativen Kartierung (Naturschutzverbände 2003). Im südlichen Rheinland-Pfalz geht man von einer hohen Abundanz aus, im Nordteil dagegen von einer deutlich geringeren mit Schwerpunkten in Wärmetälern (Rink 2002, Forstliche Versuchsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Abt. Wald u. Wildökologie, pers. Mitteilung). Eine lokale Kartierung liegt aus dem Naturpark Nassau, Rhein-Lahn-Kreis vor (Braun & Lambert 2005).

Der Hirschkäfer genießt heute im gesamten europäischen Raum Artenschutz, denn die FFH-Richtlinie, Anhang 2 beinhaltet die Verpflichtung, Schutzgebiete für ihn auszuweisen (FFH-Richtlinie 1992). In Deutschland ist der Hirschkäfer seit 1935 gesetzlich geschützt, etwa seit der vorletzten Jahrhundertwende befindet er sich in einem ständigen Rückgang (Klausnitzer 1995). Aktuell wird der Hirschkäfer in der Roten Liste Deutschlands als stark gefährdet eingestuft, in den einzelnen Bundesländern wird die Gefährdung unterschiedlich bewertet (Klausnitzer 1995). Der vermutete Bestandsrückgang scheint durch eigene umfangreiche Recherchen im Kreis Cochem-Zell (Alf, Bullay) bestätigt zu werden, denn die Befragung der Bevölkerung ergab, dass der Hirschkäfer bis etwa 1960 ein häufig gesehener Käfer war. Eine systematische Kartierung oder sonstige quantitative Dokumentation aus dieser Zeit ist jedoch nicht vorhanden, sondern diese Überlieferungen sind Ausdruck der Begegnung der damaligen Bevölkerung mit diesen Käfern an warmen Juniabenden. Heute gilt er dort als selten, kaum einer der Bewohner bis zum Alter 50 hat je bewusst einen Hirschkäfer im Raum Alf - Bullay wahrgenommen.

Die Untersuchung verfolgte zwei Ziele: (1) Eine regionale Verbreitungskarte für das nördliche Rheinland-Pfalz zu erstellen und (2) anhand einer lokalen Detailkartierung im Moseltal bei Alf/Bullay zu überprüfen, inwieweit der subjektiv wahrgenommene Rückgang der Hirschkäfer im Moseltal quantitativ nachweisbar ist.

3.2. Material und Methoden

3.2.1 Regionale Kartierung

Seit 2000 wurde die Bevölkerung des nördlichen Rheinland-Pfalz regelmäßig aufgerufen, Funde von Hirschkäfern zu melden. Der Aufruf zu Meldungen durch die Öffentlichkeit erfolgte über Printmedien (Tagespresse, Verbandsgemeindeblätter, Abb. 3.1) und mittels Internetauftritten. Über die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen, hier insbesondere der unteren Landespflegebehörde des Kreises Cochem-Zell, der SGD Nord als obere Landespflegebehörde in Koblenz und dem Naturpark Nassau konnten die Einzugsgebiete erweitert und ergänzt werden. Die Meldungen sind über Telefon, Fax oder E-Mail eingegangen.

Hirschkäfern auf der Spur
Die Wege der Insekten sollen erneut nachgezeichnet werden

COCHEM-ZELL. Auch in diesem Jahr wird der Hirschkäferbestand im Kreis Cochem-Zell wieder beobachtet. Wer in den nächsten Wochen einen Hirschkäfer sieht, kann dies bei Förster Markus Rink aus Alf melden. Seit einigen Jahren kartiert er das Vorkommen dieser Käferart und untersucht dabei die Lebensgewohnheiten dieser seltenen Tierart.

Hirschkäfer sind nur wenige Wochen im Jahr oberirdisch aktiv, nur dann können sie uns Menschen auffallen. Bis zu acht Jahren lebt die Hirschkäferlarve im Verborgenen, bis sie sich zum fertigen Käfer verpuppt. Es folgt ein kurzes, aber stürmisches oberirdisches Leben, welches vom Kampf ums Dasein und dem Willen zur Fortpflanzung bestimmt wird.

Bevorzugt sind Hirschkäfer an warmen Juniabenden zur Dämmerungs- und Nachtzeit unterwegs. Ihr Flug wird von einem brummenden Geräusch begleitet. Hirschkäfer sind eigentlich Käfer des Waldes, man findet sie aber nicht selten in Ortschaften, Gärten und auf Wiesen.

Was man melden sollte: Wo ist ein Hirschkäfer aufgetaucht? Wann, mit Datum und Uhrzeit? Wie groß war die Anzahl, welches Geschlecht? Was war sonst bemerkenswert?

■ Kontakt: Markus Rink, Forstrevier Alf, Junkergasse 8, 56859 Alf, Telefon 06542/2666 (Anrufbeantworter), Mobil 0175/1 84 92 49, Fax 06542/90 04 03.

... und sein weibliches Pendant.

Abb. 3.1: Beispiel Medienaufruf Rheinzeitung Mai 2005

Meldungen wurden ganzjährig entgegengenommen und einer Validierung unterzogen. Abfragemonate waren schwerpunktmäßig Mai, Juni und Juli

entsprechend der Aktivität der Imagines. Die Werbung um Informationen aus der Öffentlichkeit erfolgt ab Mitte Mai, dann in Wiederholungsaufrufen bis Mitte Juni.

Die Auswertung der Meldungen erfolgte mittels 11 Parametern (Tab. 3.1). Zur Validierung der Daten wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Problematisch waren Meldungen von Hirschkäferweibchen wegen seiner Verwechselbarkeit mit dem Balkenschröter *Dorcus parallelipedus*. Hier wurde ein besonders enger Maßstab angelegt, da Hirschkäferweibchen und Balkenschröter vom Laien nur durch die Größe zu unterscheiden sind. So sind Hirschkäferweibchen nur sehr selten unter 3 cm und Balkenschröter meist nicht über 2 cm groß. Dies wurde im Zweifelsfall vor Ort überprüft.

Die Meldungen wurden in digitalen Übersichtskarte für Rheinland-Pfalz sowie in regionale Karten erfasst. Zudem wurden die näheren Funddaten notiert und nach den Abfragekriterien gespeichert, um eine Datenbasis für andere Auswertungen zur Biologie der Käfer zu erstellen.

Tab. 3.1: Erfasste Parameter und deren Nutzung für die Erhebung

Parameter	Nutzung
Fundort: Region, Gemeinde	Verbreitung
Geschlecht	Käferbiologie, Bruthabitate
Makrohabitat, Mikrohabitat	Käferbiologie
Melddatum	Käferbiologie Plausibilität,
Funddatum	Käferbiologie, Plausibilität
Uhrzeit	Käferbiologie
Wetterdaten	Käferbiologie
Anzahl	Käferbiologie
lebend, tot	Käferbiologie
Größe beim Weibchen	Plausibilität
Aktivität/Aktion des Käfers	Käferbiologie

3.2.2 Lokale Kartierung:

Neben den unter 3.2.1 beschriebenen großräumigen Erfassungsmethoden wurden für die lokale Kartierung aktive Suchen im Bereich Bullay und Alf durchgeführt. Schwerpunkt seit dem Jahr 2000 war der Einsatz von Beobachtern ab Mitte Mai bis Ende Juni an potentiellen Flug- und Aufenthaltsorten in den Zeiten zwischen 20 und 23 Uhr. Die Beobachtungen wurden im Laufe der Jahre intensiviert und

entsprechend der akkumulierten Erkenntnisse auf sieben damals bekannte Brutstättenbereiche (B1, B2, B6, B7, B8, B9, B10) konzentriert, dabei wurden elf Helfer im zeitlichen Wechsel eingesetzt. In den Jahren 2003 und 2004 wurden drei Eichenwaldgebiete über Zeiträume von zehn Tagen mit Köderfallen versehen. Als Köder dienten reife Kirschen, die auf Männchen anlockend wirken sollen (Krenn 2002). Als Fallen dienten 1,5 Liter PET-Wasserflaschen mit ausgeschnittener Öffnung, diese wurden an Bäumen entlang der Waldränder sowie im Waldesinnern in Abständen von 100 Metern in Höhen von 2-3 Metern aufgehängt. Im Rahmen der Telemetrie wurde seit dem Jahre 2003 im Homing-in-Verfahren das gesamte Untersuchungsgebiet mindestens drei Mal täglich an den unterschiedlichsten Orten durchstreift (Details in Kapitel 4). Darüber hinaus ergab sich im Laufe der Jahre ein Sensibilisierungseffekt bei der Bevölkerung, was eine zusätzliche Unterstützung während der kurzen Aktivitätsphase der Käfer darstellt.

Die Koordinaten der Melde- und Fundorte wurden im Jahre 2003 mit einem Garmin GPS Gerät (Geko 101) festgehalten. Jedoch war die Messungengenauigkeit des Gerätes so groß, dass digitale Luftbilder mit Auflösung bis in den Bereich von Maßstäben 1:1800 eine exaktere Bestimmung der Koordinaten erbrachten.

3.3. Ergebnisse

3.3.1 Verbreitung im nördlichen Rheinland-Pfalz

Das nördliche Rheinland-Pfalz ist in 13 Landkreise und zwei kreisfreie Städte gegliedert. Aus sechs Kreisen und der kreisfreien Stadt Koblenz gingen im Untersuchungszeitraum 399 Käfermeldungen ein. Auf Gemeindeebene betrafen die Meldungen 54 von 1550 möglichen Gemeinden (Abb. 3.2). Vereinzelt kamen Meldungen aus den Stadtbereichen von Koblenz und Lahnstein. Im Kreis Cochem-Zell wurden aus 24 der 92 Gemeinden Hirschkäfer gemeldet, im Kreis Bernkastel-Wittlich aus neun von 108 Gemeinden und im Rhein-Lahnkreis aus acht von 137 Gemeinden, hier alle aus dem Bereich des Naturparks Nassau.

Die Vorkommen konzentrierten sich entlang der Naturräume des Mosel-, Mittelrhein- und des Lahntals sowie den angrenzenden flussnahen Bereichen von Eifel, Hunsrück und Westerwald. Nur 4 % der insgesamt 398 Käfermeldungen stammten aus dem Wald. Die übrigen 96 % der Meldungen lagen fast ausschließlich (99%) im unmittelbaren Bereich der Ortslagen, der dazugehörenden Gärten und

Resten von Streuobstwiesen. Lediglich 1% der Meldungen kam aus der ortsfernen Feldflur.

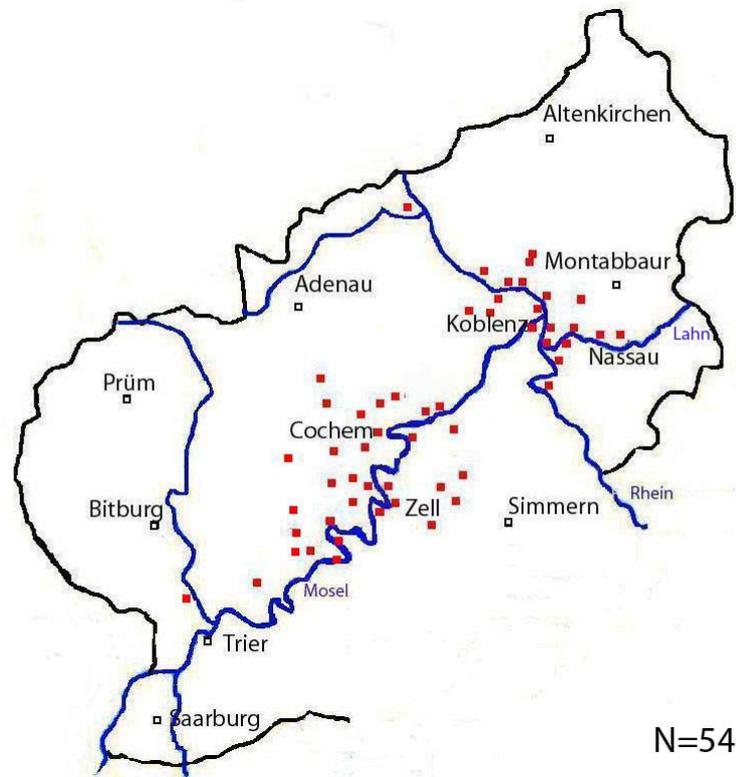


Abb. 3.2: Geographische Lage der 54 Gemeindegebiete im nördlichen Rheinland-Pfalz, aus denen Hirschkäfer gemeldet wurden

3.3.2. Räumliche Verteilung der Hirschkäfermeldungen im Moseltal bei Alf und Bullay
Seit dem Jahr 2000 gingen im Raum Alf-Bullay insgesamt 285 Käfermeldungen ein (Tab. 3.2). Die Anzahl der Beobachtungen erfuhr seit 2002 eine methodenbedingte deutliche Steigerung.

Hirschkäfer wurden in den Tallagen der Gemarkungen Alf und Bullay nachgewiesen (Abb. 3.3). Alle Meldungen kamen aus den Orten selbst sowie der sie unmittelbar umgebenden Gärten und Streuobststrukturen. Sogar in sehr engen Ortsteilen ohne Gartenbereiche wurden Käfer gefunden. Meldungen aus dem Wald gingen keine ein. Die eigens initiierte Zielgruppenabfrage für Waldbereiche (Jäger und Förster) im Jahre 2002 brachte in Alf und Bullay keine Rückmeldungen. Ebenfalls keine Meldungen kamen aus Weinbergen. Die Höhenverteilung der Meldungen umfasste den Bereich zwischen 90 und 200 Metern (Abb. 3.4). Dabei lagen 94 % der Käfermeldungen in einem Höhenrahmen von 90 – 130 m. Das Verhältnis Weibchen zu Männchen betrug 1:1,26.

Tab. 3.2: Hirschkäfermeldungen im Zeitraum 2000-2005, aufgeschlüsselt nach Anzahl und Geschlecht

Jahr	Männchen	Weibchen	Gesamt
2000	16	3	19
2001	3	2	5
2002	13	21	34
2003	9	13	22
2004	23	18	41
2005	95	69	164
Summe	159	126	285

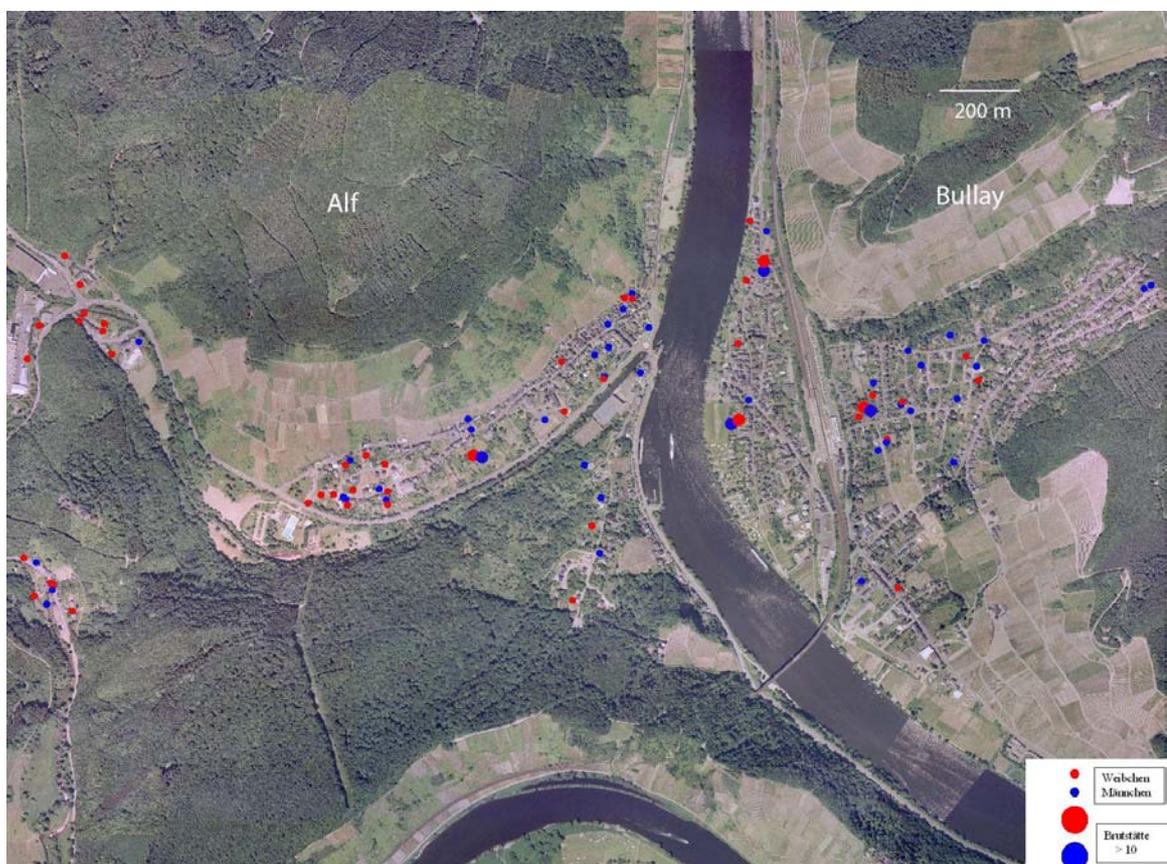


Abb. 3.3: Räumliche Verteilung der Hirschkäfermeldungen in Alf und Bullay 2000-2005

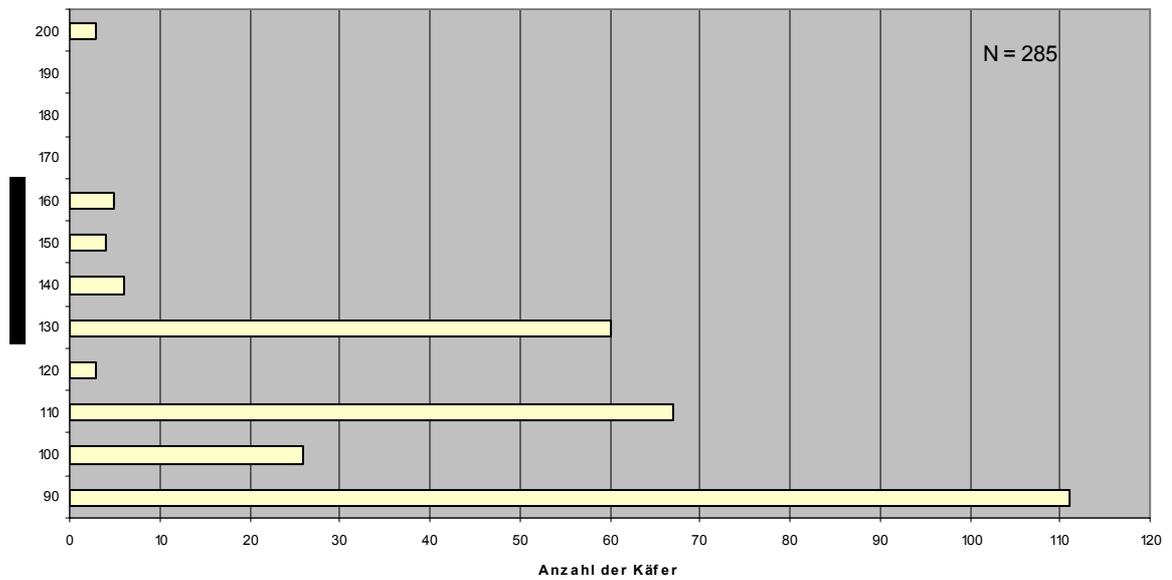


Abb. 3.4: Höhenverteilung gemeldeter Käfer in Alf und Bullay in 10-Meter-Klassen

3.3.3. Bruthabitatkartierung im Moseltal bei Alf und Bullay

Die räumliche Häufung der Meldungen von Hirschkäferweibchen ermöglichte die Eingrenzung möglicher Bruthabitate (Abb. 3.5). Aufgrund dieser Meldungen und aktiver Suche wurden im Untersuchungsgebiet Alf-Bullay bisher insgesamt 12 Brutstätten lokalisiert (Abb. 3.5). Zwar suchten die Weibchen die Brutstätten meist laufend auf (Details in Kapitel 6), aber dennoch war die genaue Lage der Brutstätte meist recht schwierig zu finden und erfolgte meist erst mittels Zusatzinformationen aus Telemetrie und/oder Probegrabungen.

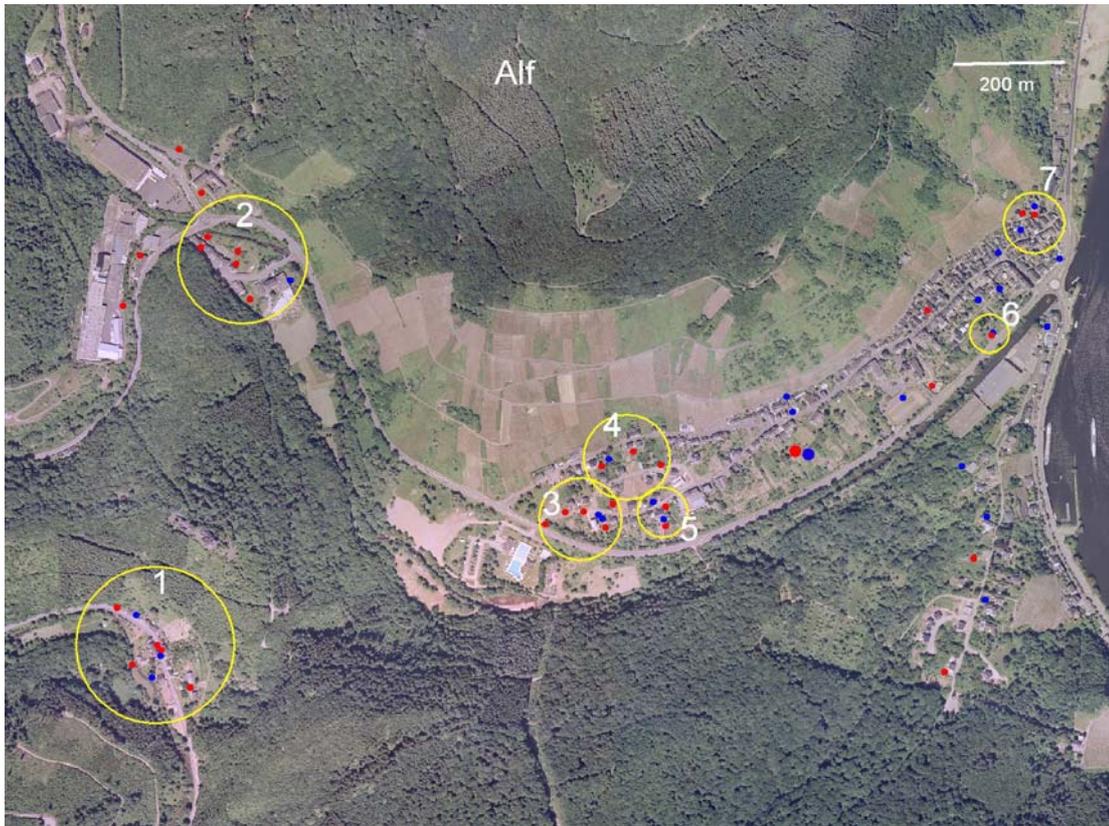


Abb. 3.5: Lage der lokalisierten Brutstätten im Raum Alf/Bullay (oben) und Häufung von Fundortmeldungen in Raum Alf.

3.4 Diskussion

3.4.1 Validierung der Kartierungsmethoden

Informationsbeschaffung. Aufrufe an die Öffentlichkeit erwiesen sich bei der lokalen Kartierung als effektiv. Mittels Plausibilitätsprüfungen konnte eine hohe Sicherheit der Angaben erreicht werden. Die Sensibilisierung für Hirschkäfervorkommen festigte sich über die Jahre und führte zu einem spürbaren Interesse und Bereitschaft zur Mithilfe sowohl bei der Presse als auch bei der Bevölkerung. Die Pressemeldungen konnten so zeitgenau bezüglich der zu erwartenden Aktivitätszeiten gelenkt werden, dass auch aktuelle Wetterlagen berücksichtigt werden konnten. Außerdem waren Wiederholungen der Aufrufe leicht zu organisieren. Bei der regionalen Kartierung des nördlichen Rheinland-Pfalz dagegen war die Plausibilitätsprüfung bezüglich der Weibchen wegen der großen Entfernung schwierig. Wenn kein Belegfoto beigebracht werden konnte, wurden zweifelhafte Meldungen nicht berücksichtigt, um die Sicherheit der Meldungen zu gewährleisten.

Artenschutz. Auch wenn die meisten Meldungen streng genommen auf illegal gesammelten Käfern beruhten, so scheint ein eventuell eingetretener Verlust für die lokalen Populationen (wenn die Käfer anschließend nicht wieder freigelassen wurden) tolerabel. Der Schutz des Lebensraumes, vor allem auch der Brutstätten, sollte als höherwertig gegenüber dem Schutz des Einzelindividuums eingeordnet werden, und erstere sind nur über die Meldungen von letzteren zu lokalisieren. Artenschutzkonflikte sind eher bei den ermittelten Brutstätten zu erwarten, da hier möglicherweise Einschränkungen der Landnutzung (Bauland) auf die Eigentümer der Flächen zukommen. Daraus resultierende Zielkonflikte führten in einem Fall zur wohl absichtlichen Zerstörung von ähnlichen Strukturen im unmittelbaren Umfeld einer Brutstätte.

Vollständigkeit. Die Verbreitung im nördlichen Rheinland-Pfalz ist wahrscheinlich wesentlich umfangreicher als in dieser Untersuchung nachgewiesen. Lokale Wetterlagen, Wirkung der Printmedien und damit verbundene Sensibilisierungsintensität sowie unterschiedliche Besiedlungsstruktur lassen unterschiedliche Ergebnisse in den Regionen erwarten. Aussagen über Vorkommen im Wald sind somit weniger wahrscheinlich als über solche aus Siedlungslagen. Dennoch zeigt die Untersuchung, dass Hirschkäfer entlang der großen Flüsse Rhein, Mosel und Lahn und auch in der näheren Umgebung dieser Flüsse vorkommen. Dies steht in Einklang mit der Hypothese, dass die Flüsse Rhein und Mosel Ausbreitungslinien in

nördliche Richtung für thermophile Käferarten darstellen (Koch 1968). Gründe für die Flussnähe können die dort bessere Wärmeversorgung sein, sowie ein größeres Laubbaumvorkommen mit *Quercus*- und *Prunus*-Arten in diesen Gebieten. Umfang und Intensität der Kartierung im Raum Alf-Bullay lassen vermuten, dass die Daten zur Häufigkeit und Verbreitung der Käfer nahe bei den realen Verhältnissen liegen. Dafür spricht auch das ausgewogene Geschlechterverhältnis von 1:1,24, zumal die Weibchen weniger auffällig sind. Aufgrund der Ergebnisse der Zielgruppenabfrage und des Lockstofffallenversuchs im Wald kann als sicher gelten, dass Hirschkäfer offene Täler den angrenzenden Wäldern bevorzugen. Die Höhenverteilung weist ebenfalls auf eine Präferenz für tiefer gelegene Bereiche des Moseltales hin.

3.4.2 Habitatbindung und Häufigkeit des Hirschkäfers im nördlichen Rheinland-Pfalz
Die Häufigkeit der Funde außerhalb des Waldes sagt zunächst wenig über die Häufigkeit von Hirschkäfern in Waldgebieten aus, in jedem Fall aber über eine Präferenz für Offenlandschaften, was sowohl für Bruthabitate und als auch für die Aktionsräume der Imagines gilt. In der älteren Literatur werden diese Lebensräume durchweg als Sekundärlebensräume im Gegensatz zum Primärlebensraum Eichenwald dargestellt, jedoch stellten neuere Untersuchungen in England ähnliche Besiedlungsschwerpunkte wie diese Untersuchung fest (Smith 2003). Beispielsweise vermutete Tochtermann (1987) eine Abwanderung der Hirschkäfer aus dem Spessart ins Maintal und Klausnitzer (1995) sah Parallelen zum Nashornkäfer *Oryctes nasicorni*, der den Wald zugunsten von Sägewerksabfällen und Komposthaufen in Gärten als Bruthabitate verlassen hat. Als Primärlebensraum galt bislang das lichte Eichenaltholz (Klausnitzer 1995, Nitsche 1996, Tochtermann 1997). In Großbritannien stammten allerdings bei der Kartierung „Stag Beetle Survey 2002“ 97% der Meldungen aus Gärten und angrenzenden Strukturen wie Straßen, Parks oder Städten (Smith 2003), ein nahezu identisches Ergebnis zur kleinräumigen und großräumigen Kartierung dieser Untersuchung. Dies spricht dafür, dass urbane und landwirtschaftliche Lebensräume inzwischen die Primärlebensräume des Hirschkäfers geworden sind. Er wäre damit kein Habitatspezialist, sondern eher als Kulturfolger einzustufen. Auch wenn methodenbedingt die Rolle von (Eichen)Wäldern als Habitate nicht endgültig zu klären ist, müssen die Lebensraumansprüche speziell für Naturschutzfragen neu bewertet werden. Die Häufung von Weibchenfunden an bestimmten Stellen bietet dem praktischen

Naturschutz gute Chancen, gezielt schutzwürdige Bereiche, d.h. Brutstätten zu lokalisieren. Im Offenland bietet dies Möglichkeiten, bei der Planung und Ausweisung von Baugebieten ganz gezielt Habitats zu schützen zu können.

Der Hirschkäfer gilt in Alf und Bullay als selten, bei genauerer Recherche kommt er jedoch in Wirklichkeit noch recht häufig vor. Häufig heute und häufig vor 50 Jahren sind allerdings Abundanzbewertungen, die sich quantitativ nicht vergleichen lassen. Neben der Landschaft hat sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts, als die Hirschkäfer noch als sehr verbreitet galten, auch das Freizeitverhalten der Bewohner in den Abendstunden der Monate Mai, Juni und Juli verändert, auch dies führt zu anderen Einschätzungen über die Häufigkeit dieser Art. Hirschkäfer leben in den Ortschaften heute nahezu unbemerkt, da ihre Aktivitätszeiten und diejenigen der menschlichen Bewohner außerhalb ihrer Wohnungen nicht mehr übereinstimmen. Weiterhin wurden die Bruthabitatmöglichkeiten aufgrund der regen Bautätigkeit im Moseltal geringer, da bevorzugt Streuobstwiesenbereiche und Gartenstrukturen hierfür beansprucht wurden. Der angrenzende Wald hat sich seit 1950 im Bereich des Eichen-Hainbuchen-Niederwaldes entlang der Moselhänge durch die Aufgabe der Niederwaldwirtschaft zu geschlossenen Waldungen entwickelt. Da keine quantitativen Abundanzangaben aus der Vergangenheit vorhanden waren, bleibt die Frage nach Trends in den heute vorhandenen Beständen offen. Die hohe heutige Hirschkäferdichte im Bereich Alf/Bullay spricht jedoch nicht für eine bedrohte Bestandsentwicklung.

3.5 Literatur

Braun, U. & Lambert, D. (2005): Zum Vorkommen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) im Naturpark Nassau. Zweckverband Naturpark Nassau. Unveröffentlichtes Gutachten.

FFH-Richtlinie (1992): Richtlinie 93/43 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier und Pflanzen Anhang 2 ABl. EG. Nr. L 2067/ vom 22.7.92.

Galante, E. & Verdú, J. R. (2000) : Los artrópodos de la "Directiva Hábitat" en España. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Horion, A. (1958): Faunistik der mitteleuropäischen Käfer. Bd. 6, Lamellicornia. Überlingen-Bodensee, 343pp.

- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 109pp.
- Koch, K. (1968):** Käfer der Rheinprovinz, Decheniana-Beihefte Nr. 13
- Krenn, H., Pernstich A., Messner T., Hannappel U. & Paulus, H. (2002):** Kirschen als Nahrung des männlichen Hirschkäfers *Lucanus cervus*. Entomologische Zeitschrift 112 (6): 165-170.
- Kretschmer, K. (2003):** Hirschkäfer in Nordrhein-Westfalen. Unveröffentlichtes Gutachten i.A. LÖBF NRW. November 2003.
- Lopez-Colon, J.I. (2000):** Familia Lucanidae. In: Coleoptera, Scarabaeoidea I, Martin-Piera, F. & Lopez-Colon, J.I., Hrsg. Fauna Iberica 14. Museo nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.
- Luce, J.-M. (1997):** *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758), 53-58p. In: Background information of Invertebrates of Habitats Directive and the Bern Convention. Part I Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera. Helsingen, P.J., Willemse, L. & Speight, M.C.D. (Hrsg.) Nature and Environment, nr. 79. Council of Europe.
- Müller, T. (2001):** Hirschkäfer (*Lucanus cervus*), 306-310p. In: Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten, Fartmann, T., Gunnemann, H., Salm, P. & Schröder, E. (Hrsg.). Bundesamt für Naturschutz, Angewandte Landschaftsökologie.
- Naturschutzverbände (2003):** Stellungnahme v. NABU, BUND und GNOR zur FFH-Nachmeldung des Landes Rheinland-Pfalz v. 18.06.2003.
- Nitsche, L. (1996):** Der Hirschkäfer - Eine Leitart für Altholzbestände der Eiche. Jahrbuch Naturschutz in Hessen 1: 218-220.
- Nüssler, H. (1967):** Unser Hirschkäfer und seine Verbreitung in Sachsen. Naturschutzarbeit und naturkundliche Heimatforschung in Sachsen 9: 76-83.
- Rink, M. (2002):** Käferfunde (Coleoptera) im Pündericher Sternenwald an der Mosel. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Rheinischer Koleopterologen 12: 39-44.
- Schaffrath, U. (2003):** Erfassung der gesamthessischen Situation der Hirschkäfer *Lucanus cervus* sowie Bewertung der rezenten Vorkommen. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des HDLGN 2003.
- Smith, M.N., (2003):** National Stag Beetle Survey 2002, London, People's Trust for Endangered Species.

Sprecher-Uebersax, E. & Durrer, H. (1998): Über das Vorkommen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus* L.) in der Region Basel (Coleoptera). Mitt. Ent. Ges. Basel 48: 142-166.

Sprecher-Uebersax, E. (2001): Studien zur Biologie und Phänologie des Hirschkäfers im Raum Basel mit Empfehlungen von Schutzmassnahmen zur Erhaltung und Förderung des Bestandes in der Region. Dissertation, Universität Basel,

Tochtermann, E. (1987): Modell zur Artenerhaltung der Lucanidae, Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.

Tochtermann, E. (1992): Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 47: 308-311.

4. Radio-telemetric monitoring of dispersing stag beetles (*Lucanus cervus* L.): implications for conservation

Abstract

Migratory movements of the endangered stag beetles *Lucanus cervus* (18 males, 38 females) were monitored radiotelemetrically during three reproductive periods (2003-2005). Aim of the study was to estimate the threshold distance of connectivity among neighbouring populations for future conservation measures. Miniature transmitters of ca. 350 mg (battery life: 10 - 15 d) were externally attached at the pronotum. Transmitter/beetle mass ratio was 12.8 % on average (7.1 % - 28.0 %). Male dispersal behaviour consisted in frequent flights directed to sites with reproductive females and rarely in on-ground movement. Total displacement distance recorded was up to 2065 m, maximum distance of a single flight 1720 m. Flights always began at elevated structures such as trees and shrubs and took place in an air temperature range of 11 – 27 °C. Within this range environmental temperature did not influence flight distance. Female dispersal behaviour consisted mostly in a single flight followed by mating and consecutive ground movements towards oviposition sites. Total displacement distance recorded was up to 762.6 m, maximum distance of a single flight 701 m. Climatic constraints of flights were the same as in males. The results show that males maintain the gene flux among nest sites within a radius of about two kilometers. However, the colonisation of new nest sites depends on the dispersal ability of females and amounts to less than one kilometer. Thus, isolated populations (distance to the next population greater than two kilometers) have an increased probability of local extinction.

4.1 Introduction

The ability to disperse from natal sites is crucial for the maintenance of gene flux between neighbouring populations and the colonisation/recolonisation of suitable, but unoccupied sites (e.g. Hanski & Gilpin 1997, Poethke *et al.* 2003, Van Dyck & Baguette 2005). Flying insects such as the silver-studded blue butterfly *Plebejus argus* are textbook models illustrating the interaction between dispersal behaviour and population dynamics in metapopulation ecology and conservation biology (Thomas & Harrison 1992). Moreover, there is recent evidence that dispersal and

diversity interactively affect the predictability of ecosystem functions (France & Duffy 2006).

Still, in most insects, even those which are considered endangered neither dispersal abilities nor population dynamics are adequately studied, partly due to the lack of suitable monitoring methods. Among these species is one of the most emblematic European coleopterans, the stag beetle *Lucanus cervus* which is regarded endangered throughout most of its geographical range (e.g. UK: nationally scarce; Germany: critically endangered) and therefore listed on Schedule II of the EC Habitat Directive. Its use as a flagship species in conservation issues requires more detailed knowledge on its dispersal and recolonisation abilities than presently available.

Radio telemetry has been frequently used to monitor the migratory movements of vertebrates, whereas its application to insects which may cover large distances flying like beetles and butterflies has been scarce (Mech 1983, Kenward 1987). In the early nineties, the development of miniature transmitters facilitated investigations on large ground-moving carabid beetles such as *Carabus coriaceus* (Riecken & Rieth 1992, Riecken & Raths 1996) and crickets *Anabrus simplex* (Lorch & Gwynne 2000), and later also on flying beetles such as *Lucanus cervus* (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001), *Osmoderma eremita* (Hedin & Ranius 2002) and *Sapanes australis* (Beaudoin-Ollivier *et al.* 2003). Besides the indirect mark-recapture method, the only alternative to radio telemetry is harmonic radar which has been successfully used to track bees (Riley *et al.* 1996, Carreck *et al.* 1999, Capaldi *et al.* 2000), bumble bees (Osborne *et al.* 1999) and moths (Riley *et al.* 1998). However, radar studies require heavy and expensive equipment which is usually stationary.

Taking into account the technical and economic constraints of the available methods we chose radio telemetry to study the dispersal pattern of stag beetle imagines inhabiting a valley of the river Moselle (Rhineland-Palatinate, Germany). In this region stag beetles distribution is fragmented, i.e. locally abundant populations are separated by large unoccupied areas (Rink & Sinsch 2007). We were primarily interested to estimate the maximum dispersal distance of reproductive beetles to obtain an objective measure for the isolation of populations by distance. However, a pilot study on eight beetles in Switzerland had failed to demonstrate that radio-equipped imagines are still able to fly over large distances (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001). Potential causes were not resolved and might have ranged from

technical reasons over climate constraints to the timing of the study at the end of the reproductive season. Therefore, aims of our study are (1) to develop a reliable procedure for the radio-telemetric monitoring of stag beetles movements, (2) to assess sex-specific movement patterns and dispersal abilities, and (3) to identify potential constraints of flying activity by climate or season.

4.2 Material and methods

The migratory activity of stag beetles *Lucanus cervus* was studied in the area of the villages Alf and Bullay (Kreis Cochem-Zell, Rhineland-Palatinate, Germany). During three years (2003-2005), a total of 56 adults (18 males, 38 females; Tab. 4.1) was captured when emerging from the underground larval habitat in May and June, and subsequently equipped with light-weight radio transmitters (mass: ca. 350 mg, size: 12.5 mm x 6.0 mm x 2,6 mm; antenna length: 100 mm; price: ca. 100.- €; Titley Electronics, Australia). Maximum detection range was about 300 m at the frequency band 150 - 151 MHz. Maximum battery life was 10 - 12 d. Transmitters were attached to the pronotum using a commercial cyanoacrylate glue (Fig. 4.1). A Stabo XR 100 scanner equipped with a preamplifier PA 15 (Conrad Electronics) and either a handheld three-element Yagi-antenna or a telescopic stick antenna was used to detect transmitter signals.

Tab. 4.1: Morphological features of 56 stag beetles which were radio-tagged.

Year	sex	N	Size [mm] (median, Min - Max)	Body mass [g] (median, Min - Max)
2003	♂♂	4	62.3, 54-69	3.80, 2.6-4.9
	♀♀	11	40.0, 36-45	2.77, 1.7-3.9
2004	♂♂	7	55.9, 45-63	2.76, 1.9-4.1
	♀♀	9	39.1, 31-42	2.52, 1.3-3.1
2005	♂♂	7	64.0, 53-70	3.90, 2.7-4.8
	♀♀	18	39.3, 36-42	2.66, 2.0-3.4



(A)



(B)

Figure 4.1: Position of transmitter package at the pronotum of stage beetles. (A) male, (B) female.

Before transmitter attachment the beetle's body temperature was reduced to ca. 10°C in a refrigerator. The attachment procedure considered the pronounced sexual size and shape dimorphism of stag beetles by choosing slightly different fixing points to avoid disturbance of movements (Fig. 4.1). The ventral surface of the

transmitter excluding the battery was glued to the roughened pronotum, and the antenna was adjusted above the fissure between the elytra. Before releasing the tagged individuals, successful fixing of the transmitter was tested for by gentle movements by hand.

Radio-tagged beetles were released during their main diel activity period (8-9 pm) at the site where they had been captured (usually nest site), if climate was favourable (air temperature > 15 °C, no precipitation). Following release, the position of each beetle was determined by homing-in at least three times per day, usually at sunrise, midday and before sunset. However, in order to avoid direct interference with the tagged beetle we did not approach closer than about 0.5 m (establishment of eye contact). In case of individuals which stayed in underground shelters, we waited at least two days without further movements before checking for a potential loss of the transmitter.

The homing-in procedure always started at the last known location of the individual and lasted between a few minutes and some hours. Using the preamplifier and the Yagi-antenna, the direction of displacement was assessed and the signal was approached. When the signal became strong enough, the preamplifier was switched off and the homing-in continued only with the Yagi-antenna. At short distances it was replaced by a telescopic stick-antenna. If the beetle sat on a tree, it was only possible to locate the tree, but impossible to determine its vertical position. A maximum of 4 beetles was tracked simultaneously.

The tracked individuals were located three times a day and the coordinates of each position were either identified using a Garmin GPS (Geko 101) equipment or located on a high-resolution local map (scale 1:1000). Vertical position was coded in three character states: underground, on ground surface, above ground surface (any elevated position on trees or shrubs). Coordinates were stored in an ArcView data base for further processing. The magnitude of daily movement was quantified as the line-of-sight distance between the first and the last site at which an individual was located. Finally, air temperature and relative humidity at 2m were recorded hourly and precipitation daily during the monitoring periods of 2004 and 2005.

As most data deviated significantly from normal distributions, medians and range (minimum – maximum) were used to characterise distributions. Medians were compared with the Mann-Whitney u-test, shapes of distributions with the

Kolmogorov-Smirnov test. Relationships between variables were assessed using the Pearson's product-moment correlation coefficient and the corresponding regression models. Significance level was set to 0.05. Analyses were conducted in Statgraphics ver. 5.0.

4.3. Results

Tracking periods. The individual tracking period of the radio-tagged stag beetles varied between 1 d and 32 d (median: 6 d). Tracking periods which exceeded battery life, were achieved by replacing transmitters with spent batteries once or twice by new ones. Prolonged underground periods of females during oviposition increased battery life from 10 – 12 d to a maximum of 15 d. However, the tracking period was mostly shorter than battery life because of transmitter losses caused by (1) predators or fights with conspecifics (n = 4), (2) failure of the transmitter crystal (n = 3), (3) loss of the antenna during burrowing (n = 6 females), and (4) unknown reasons such as flights outside the detection range (n = 11).

A total of 339 sites chosen by the 18 radio-equipped males were localised, 45 in 2003, 150 in 2004 and 144 in 2005. The corresponding numbers for the 38 telemetered females were 212 in 2003, 215 in 2004 and 326 in 2005 (total: 753 sites). The frequency distributions of the vertical positions at which beetles were located differed sex-specifically (Mann-Whitney u-test: $P < 0.00001$; Kolmogorov-Smirnov test: $P < 0.00001$; Fig. 4.2). Males strongly preferred elevated sites, whereas females were mostly located on ground or underground.

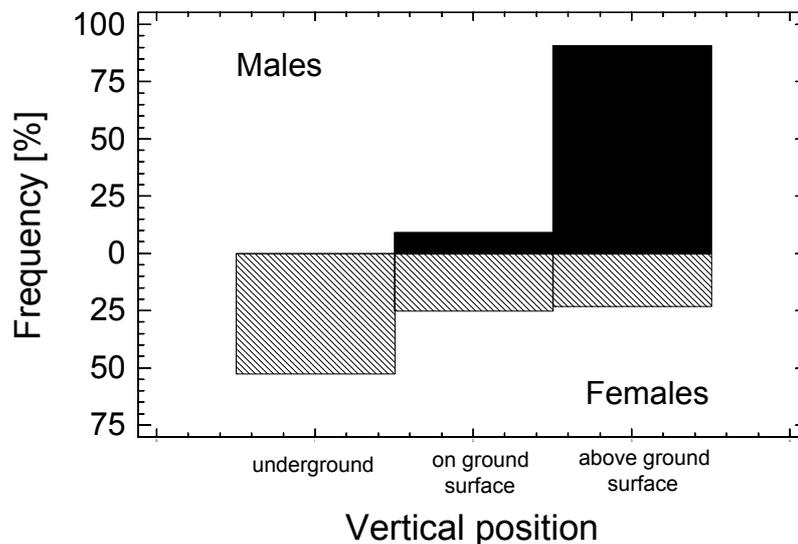


Figure 4.2: Frequency distribution of the vertical positions at which telemetered beetles were located.

Features of flights The ability of radio-equipped beetles to fly was verified by direct observation in 12 out of 18 males and in 16 out of 38 females. One of the smallest males monitored (44.6 mm, 1.9 g; transmitter load: 18.4 %) covered a total distance of 1454 m within 8 d (individual flight path in Fig. 4.3A). Another male (66 mm, 4.6 g; transmitter load: 7.6 %) crossed the river Moselle in a 468 m flight (Fig. 4.3B). The median ratio of transmitter mass and body mass was 9.0 % (7.1 % - 18.4 %) in flying males and did not differ significantly from that of males without verified flights (12.1 %, 9.6 % - 13.4 %; Mann-Whitney u-test: $P > 0.05$). Correspondingly, the transmitter loads of flying and non-flying females were about the same: 13.6 % (9.0 % - 28.0 %) vs. 13.1 % (9.2 % - 17.2 %; Mann-Whitney u-test: $P > 0.05$). However, due to size dimorphism the relative transmitter load of males was marginally lower than that of females (Mann-Whitney u-test: $P = 0.035$). Individual transmitter load was not significantly related to total flight distance or to flight distance per day in either sex (ANOVA: $P > 0.05$; $r^2 = 0.01\% - 2.6\%$).

To initiate flight, beetles took vertical positions high above ground, e.g. they stayed at or climbed on trees and shrubs. Both sexes opted for the same strategy. Males used often similar habitat structures for landing (and so avoided climbing), rested for a while and then continued flights. In contrast, most females flew only once during the tracking period. Correspondingly, the number of flights was significantly lower in females (median: 1, range: 1 - 3) than in males (median: 3, range: 1 - 6; Mann-Whitney u-test: $P = 0.0039$). The median distance covered in an individual flight did not differ significantly between the sexes: 188.6 m (10 m - 1720 m) vs. 134.5 m (3 m - 701 m; Mann-Whitney u-test: $P > 0.05$). However, total dispersal distance achieved flying was considerably longer in males than in females: 876.0 m (105 m - 1950 m) vs. 301.0 m (49 m - 762.6 m; Mann-Whitney u-test: $P = 0.0233$).



Figure 4.3: Examples of flight trajectories of free-ranging male stag beetles in the Bullay area. (A) Male V04; body mass: 1.9g, transmitter mass ratio: 18.4%, tracking period: 8 d, total distance covered: 1,454 m, number of flights: 6. (B) Male C03; body mass: 4,56 g, transmitter mass ratio: 7.8%, tracking period: 10 d, total distance covered: 2,065 m, number of flights: 5. Note the crossing of the river Moselle by male C 03.

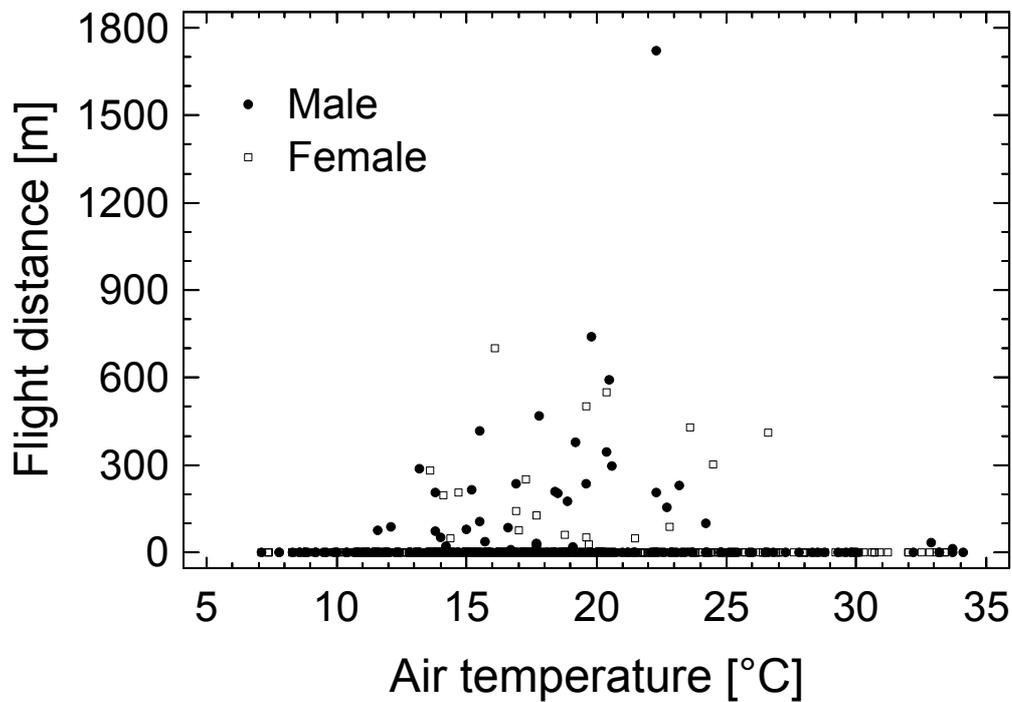
Features of on-ground movements. On-ground movements were observed in only 2 out of 18 males, but in 29 out of 38 females. The total distance covered by on-ground movement was consequently biased: 0 m (0 m - 237.4 m, males) vs. 4.6 m (0 m - 678.5 m, females; Mann-Whitney u-test: $P=0.0029$). The maximum velocity was 9.1 m/h in females and 4.0m/h in males. However, the median distance achieved in a single movement did not differ significantly between the sexes: 10.0 m (4.0 m - 19.4 m) vs. 3.0 m (0.1 m -83.6 m; Mann-Whitney u-test: $P>0.05$).

Climate impacts on locomotory activity. During the activity periods of 2004 and 2005 beetles experienced an air temperature range between 7 °C and 34 °C (Fig. 4.4). Flights (>20m) were observed in a range of 11 – 27 °C, whereas on-ground movements took place in a range of 9 – 33 °C. Temperature limitation of locomotory activity did not differ between the sexes. Magnitude of flight did not correlate significantly with temperature in both sexes (ANOVA: $P>0.05$; $R^2 = 0.07\% - 1.4\%$),

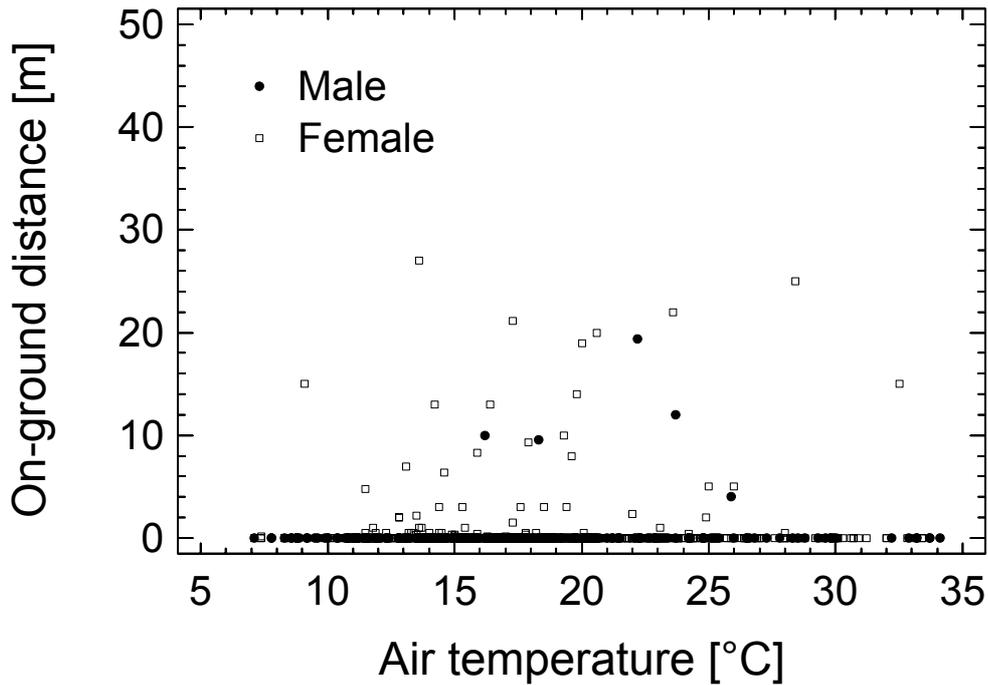
whereas that of on-ground movements of females increased exponentially with temperature (ANOVA: $P=0.016$; $R^2 = 9.8\%$).

The air humidity range experienced in 2004 and 2005 was between 26 % r.h. and 100 % r.h. Flights (>20m) were observed in a range of 42 - 83 % r.h., whereas on-ground movements took place in a range of 27 – 97 % r.h. neither magnitude of flight nor on-ground movements of females correlated significantly with humidity (ANOVA: $P>0.05$; $R^2 = 1.51\% - 3.99\%$).

Although two flights were observed during rainfall, beetles usually avoided flying in these conditions. Finally, flights took only place at low wind speeds (not quantified).



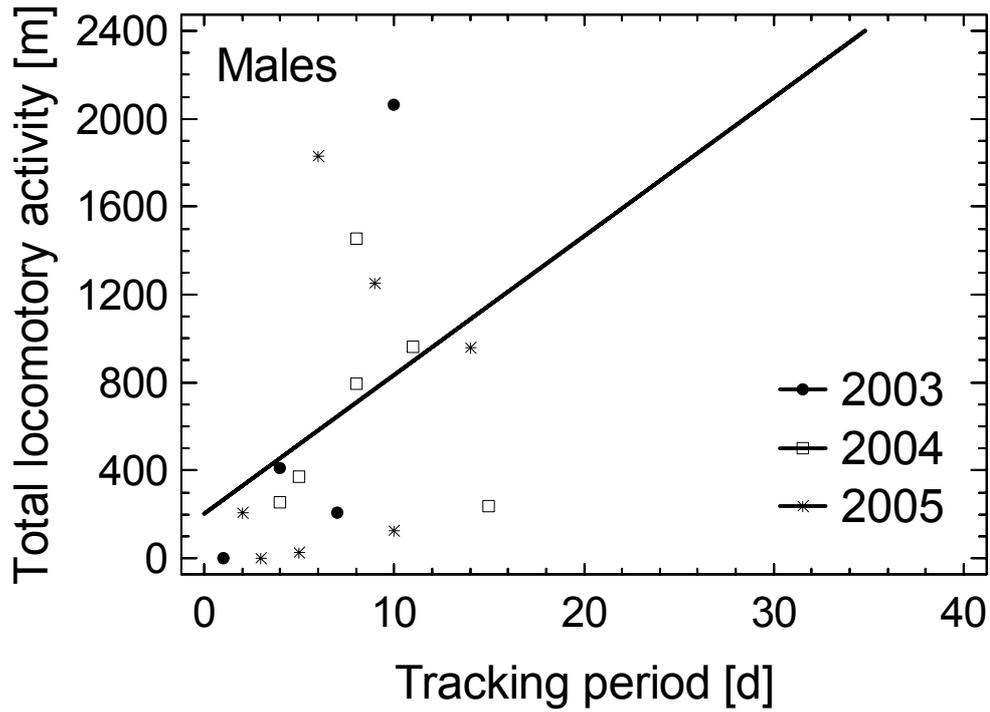
(A)



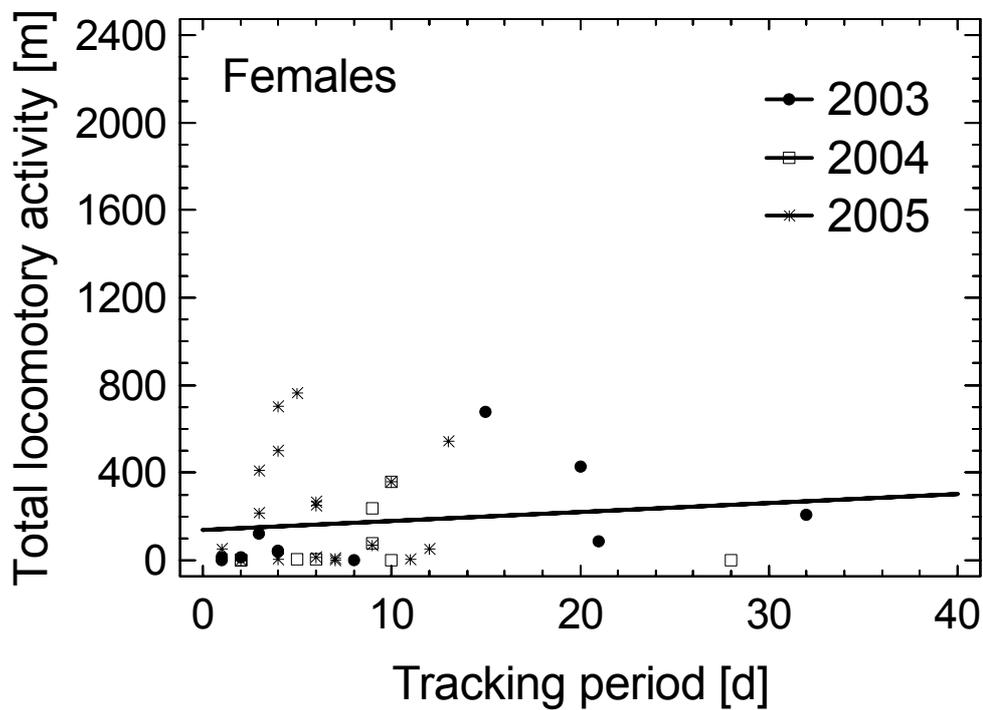
(B)

Figure 4.4: Temperature influence on flight distance (A) and on-ground movements (B). Each symbol represents a single movement during the years 2004 and 2005. No temperature data were available for 2003.

The migratory pattern of stag beetles consisted of almost exclusively flights in males, and very few flights and frequent on-ground movements in females. Total distances covered during tracking were significantly greater in males (369.6 m, 0 m - 2065 m) than in females (51.1 m, 0 m - 762.6 m; Mann-Whitney u-test: $P=0.0051$; Fig. 4.5). This sex-specific difference remained significant following adjustment to distance per tracking day: 73.9 m (0 m – 305 m) vs. 8.3 m (0 m -175.8 m; Mann-Whitney u-test: $P=0.0057$). Consequently, the migratory range of males (polygon area 1.541 km²) was considerably larger than that of females (0.675 km²; Fig. 4.6).



(A)



(B)

Figure 4.5: Total locomotory activity (flights + on-ground movements) during the tracking period. (A) Males (n=18), regression model: total distance [m] = 203.4m + 63,1m * tracking time [d]; (B) female (n=38), total distance [m] = 139.0m + 4,1m * tracking time [d].

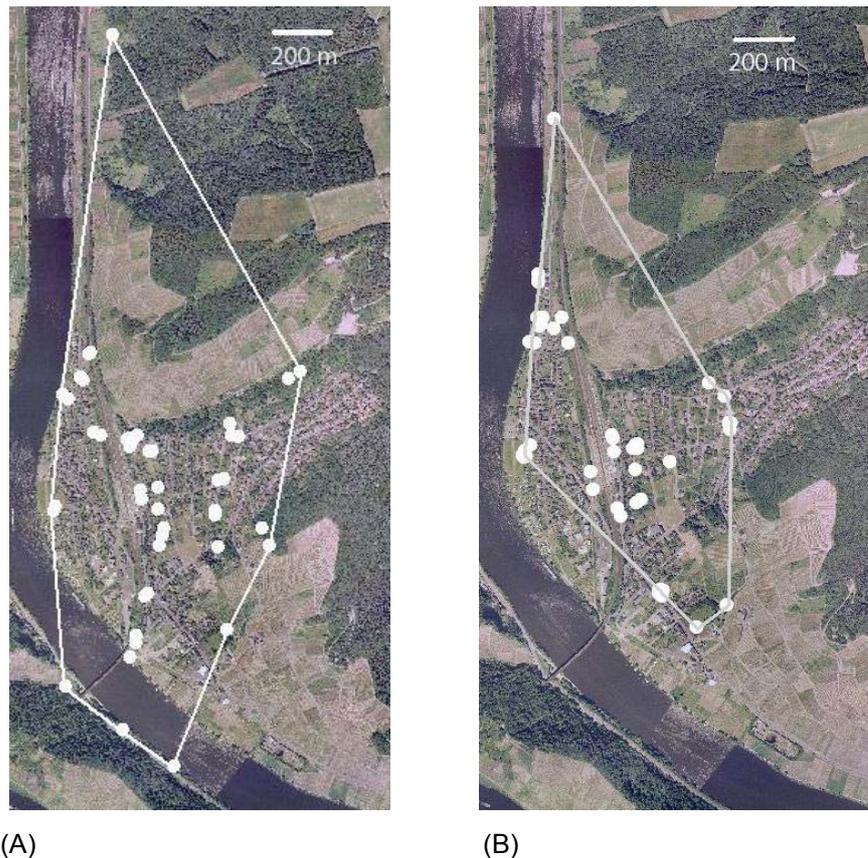


Figure 4.6: Migratory range of all telemetered stag beetles which had been captured at the Bullay nest sites in 2003-2005. (A) Males: polygon area 1.541 km²; (B) females: polygon area 0.675 km². Each dot represents a single site of localisation.

4.4 Discussion

A basic issue of conservation biology is the connectivity of populations in the usually fragmented European landscape. The recent stag beetle (*Lucanus cervus*) survey in the UK is based on a 10 km² grid, implicitly assuming that populations inhabiting neighbouring squares may exchange individuals (Smith 2003). However, this assumption has never been tested, as virtually nothing is known about the dispersal abilities of this emblematic beetle. In this radiotelemetric study, we provide the first reliable estimate of maximum dispersal distance and the related migratory pattern for each sex. We shall first focus on the validation of the estimation method applied, then evaluate the climatic constraints of the sex-specific flight behaviour and finally highlight the implications of our findings for the conservation biology of stag beetles.

Validation of radio-telemetric monitoring. Available miniature transmitters are evidently small and lightweight enough to permit radio-equipped *Lucanus cervus* to fly frequently, to cover up to 1.7 km in a single migratory boost, and to cross a river. Flight frequency in both sexes considerably exceeded that observed by Sprecher-Uebersax and Durrer (2001) in two populations in Switzerland and maximum flight distance was about four times greater despite a comparable transmitter load (9.6% vs. 12.9% of body mass). As we used the same transmitters and attachment procedure and climate conditions were similar, the low motivation of the Swiss stag beetles to fly is most probably neither due to the disturbance caused by the attachment of a transmitter package nor to its mass. We assume that Sprecher-Uebersax and Durrer (2001) missed the main flying period immediately following emergence from the nest (Mid-May) by starting the telemetry period not before June 18 and 22, respectively. Without appropriate controls we cannot exclude that the magnitude of movement may be affected by the transmitter, but absence of a significant correlation between flight distance and transmitter load does not support this hypothesis. In *Osmoderma eremita* frequency and range of dispersal of radio-equipped beetles was also in the same magnitude as those estimated in concurrent mark-recapture investigations (Ranius & Hedin 2001, Hedin & Ranius 2002).

As already reported by Sprecher-Uebersax and Durrer (2001), transmitters do not seem to hinder on-ground movements. Maximum velocities observed agree with our results: females 70 m/d vs. 77 m/d, males 30 m/d vs. 19.4 m/d. Burrowing at oviposition sites was also monitored in several females. However, even considering the loose substrate (wood in decay) of nest sites the transmitter package is expected to cause additional energy expenditure during burrowing. In some instances, the mechanical torsion caused the loss of the antenna or of the complete transmitter. In conclusion, our data suggest that radio telemetry is a useful method to monitor the migratory movements of stag beetles and to estimate dispersal abilities.

Flight behaviour and its constraints. The initiation of a flight always required a vertical position several meters above ground, usually in trees or shrubs. This observation coincides with the microhabitat preferences observed in conspecific populations in Switzerland (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001) and resembles partly the use of tree hollows by *Osmoderma eremita* (Hedin & Ranius 2002). In contrast, *Scapanes australis australis* did not show this behavioural preparation of flight (Beaudoin-

Ollivier et al. 2003). An elevated position may facilitate departure for mechanical reasons because the heavyweight beetle does not need to take off directly from ground surface but drop to start a kind of gliding flight.

Moreover, air temperature tends to be higher than ground temperature and an ectotherm is expected to prefer warmer microhabitats when preparing an activity with large metabolic costs. Nevertheless, we did not find any relationship between environmental temperature and magnitude of flight distance. Air temperatures of 11°C did not impede flying, whereas temperatures exceeding 27°C apparently did so. Thermoregulation studies on large flying insects such as the Sphinx moth *Manduca sexta* suggest that the thorax temperature has to be raised to above 35°C by the contraction of flight muscles to enable flying (Heinrich 1971, Heinrich & Bartholomew 1971). As comparable studies are currently not available for stag beetles, the physiological processes associated with flying remain unknown. Still, if muscle warming is a prerequisite for flying, physiological heating seems to be very effective to allow for flights at the lower threshold temperature detected.

Though climate conditions certainly play a role in the magnitude of flights, the frequency of flights seems to be decreasing with time elapsed following emergence from the nest. Females flew exclusively within a week following emergence, whereas males could fly during most of their imaginal lifespan, but more frequent at the beginning than close to the end. Thus, wide-ranging migratory movements should be expected mainly during the initial part of imaginal activity period.

Activity range and dispersal. Dispersal distance of *Lucanus cervus* during a single flight exceeded those observed in the other two flying beetles monitored using radio telemetry: 701m – 1720 m vs. ca. 150 m (*Osmoderma eremita*, Hedin & Ranius, 2002), 835 m - >1000 m (*Scapanes australis australis*, Beaudoin-Ollivier et al., 2003). The same applies to the first day dispersal distance of spruce bark beetles *Ips typographus* (up to 750 m), as estimated from recaptures in pheromone traps (Botterweg 1982). Total dispersal distance achieved by stag beetles (ca. 2 km), however, was only about a quarter of that of *Ips typographus* (>8 km) due to its lower frequency of flights. Another significant difference in dispersal behaviour is its independence from sex in the spruce bark beetles, whereas male stag beetles are the wider-ranging sex. Consequently, in the later species the activity range was male-biased (ca. 3-5 : 1) in this study (1.541 km² vs. 0.675 km²) and also in

Sprecher-Uebersax and Durrer (2001: 0.011 km² vs. 0.002 km²). The difference in magnitude was probably due to the late beginning of the tracking period in Switzerland, as discussed before. The bias in flight distance is probably related to the mating behaviour. Male stag beetles search actively for females, probably following pheromone trails, and usually mate either at the female's natal nest site or distant from other nest sites (Sprecher-Uebersax 2001, Rink, unpubl. observ.). In *Scapanes australis australis* in which females follow the scent trails of pheromone-releasing males dispersal distances are female-biased (Beaudoin-Ollivier et al. 2003).

The consequences of dispersal behaviour for the connectivity among nest sites and the ability of colonisation of new sites are obvious. Males are probably responsible for the gene flux among distant nest sites, as they are able to locate females during emergence from their nest site. However, colonisation of new sites depends entirely on the dispersing females which have mated already and approach potential nest sites on-ground. Thus, our results indicate that the maximum dispersal distance from an established nest site is about 1 km. Despite the male's ability to fly further than 2 km, stag beetles *Lucanus cervus* need step-stone nest sites within a radius of 1 km to colonise successfully new regions. In the absence of such step-stone habitats, local populations have to be regarded isolated and relatively prone to local extinction. This hypothesis is supported by fact that almost all stage beetle populations which became extinct between 1998 and 2002 in the UK were situated at the edge of larger areas of distribution or were isolated (Smith 2003). Future measures for the conservation of *Lucanus cervus* have to consider the relatively low ability of females to disperse by providing and protecting potential nest sites in close vicinity (500-1000m) of known nest sites.

4.5 References

- Beaudoin-Ollivier, L., Bonaccorso, F., Aloysius, M. & Kasiki, M. (2003):** Flight movement of *Scapanes australis australis* (Boisduval) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Papua New Guinea: a radiotelemetry study. *Aust. J. Entomol.* **42**: 367-372.
- Botterweg, P.F. (1982):** Dispersal and flight behavior of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex size and fat content. *Z. Angew. Entomol.* **94**: 466-489.
- Capaldi, E. A., Smith, A. D., Osborne, J. L., Fahrbach, S. E., Farris, S. M., Reynolds, D. R., Edwards, A. S., Martin, A., Robinson, G. E., Poppy, G. M. & Riley, J. R. (2000):** Ontogeny of orientation flight in the honeybee revealed by harmonic radar. *Nature* **403**: 537.
- Carreck, N. L., Osborne, J. L., Capaldi, E. A. & Riley, J. R. (1999):** Tracking bees with radar. *Bee World* **80**: 124–131.
- France, K.E. & Duffy, E. (2006):** Diversity and dispersal interactively affect predictability of ecosystem function. *Nature* **44**: 1139-1143.
- Hanski, I. A. & Gilpin, M. E., eds. (1997):** *Metapopulation biology: Ecology, genetics, and evolution*. San Diego, London, Boston, New York: Academic Press.
- Hedin, J. & Ranius, T. (2002):** Using radio telemetry to study dispersal of the beetle *Osmoderma eremita*, an inhabitant of tree hollows. *Computers and Electronics in Agriculture* **35**: 171-180.
- Heinrich, B. (1971):** Temperature regulation of the Sphinx moth, *Manduca sexta*. I. Flight energetics and body temperature during free and tethered flight. *J. Exp. Biol.* **54**: 141-152.
- Heinrich, B. & Bartholomew, G.A. (1971):** An analysis of pre-flight warm-up in the Sphinx moth, *Manduca sexta*. *J. Exp. Biol.* **55**: 223-239.
- Kenward, R. (1987).** *Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis*. London: Academic Press.
- Lorch, P.D. & Gwynne, D.T. (2000):** Radio-telemetric evidence of migration in the gregarious but not the solitary morph of the Mormon cricket (*Anabrus simplex*: Orthoptera: Tettigoniidae). *Naturwiss.* **87**: 370-372.
- Mech, L.D. (1983):** *Handbook of Animal Radio-Tracking*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

- Osborne, J. L., Clark, S. J., Morris, R. J., Williams, I. H., Riley, J. R., Smith, A. D., Reynolds, D. R. & Edwards, A. S. (1999):** A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. *J. Appl. Ecol.* **36**: 519-533.
- Poethke, H. J., Hovestadt, T. & Mitesser, O. (2003):** Local extinction and the evolution of dispersal rates: Causes and correlations. *Am. Nat.* **161**: 631-640.
- Ranius, T. & Hedin, J. (2001):** The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia* **126**: 363-370.
- Riecken, U. & Ries U. (1992):** Untersuchung zur Raumnutzung von Laufkäfern mittels Radio-Telemetrie. *Z. Ökol. Natursch.* **1**: 147-149.
- Riecken, U. & Raths, U. (1996):** Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Ann. Zool. Fennici* **33**: 109-116.
- Riley, J. R., Smith, A. D., Reynolds, D. R., Edwards, A. S., Osborne, J. L., Williams, I. H., Carreck, N. L. & Poppy, G. M. (1996):** Tracking bee with harmonic radar. *Nature* **379**: 20-30.
- Riley, J. R., Valeur, P., Smith, A. D., Reynolds, D. R., Poppy, G. M. & Loftstead, C. (1998):** Harmonic radar as a means of tracking the pheromone-finding and pheromone-following flight of male moths. *J. Insect Behav.* **11**: 287-296.
- Rink, M. & Sinsch, U. (2007):** Aktuelle Verbreitung der Hirschkäfer im nördlichen Rheinland-Pfalz mit Schwerpunkt Moseltal. *Decheniana* (in press).
- Smith, M.N. (2003):** National stag beetle survey 2002. London: People's Trust for Endangered Species.
- Sprecher-Uebersax, E. (2001):** *Studien zur Biologie und Phänologie des Hirschkäfers im Raum Basel*. PhD-thesis, University of Basel.
- Sprecher-Uebersax, E. & Durrer, H. (2001):** Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus* L. mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung. *Mitt. Naturforsch. Ges. beid. Basel* **5**: 161-182.
- Thomas, C.D. & Harrison, S. (1992):** Spatial dynamics of a patchily distributed butterfly species. *J. Appl. Ecol.* **61**: 437-446.
- Van Dyck, H. & Baguette, M. (2005):** Dispersal behaviour in fragmented landscapes: Routine or special movements? *Basic and Applied Ecology* **6**: 535-545.

5. Jahres- und tagespezifische Aktivitätsperioden und Konditionsverläufe adulter Hirschkäfer

Zusammenfassung

Mittels Radiotelemetrie, Brutstättenmonitoring und Meldungen wurden in den Jahren 2000 - 2005 geschlechtsspezifische Daten zur Morphometrie sowie zum Aktivitätsverhalten im Untersuchungsgebiet zusammengetragen. Hirschkäfer zeigen geschlechtsspezifisch signifikante Unterschiede im Bezug auf das Lauf- und Flugverhalten und haben eine unterschiedlich lange Lebenserwartung. Beide Geschlechter fliegen bevorzugt in den Abendstunden, Weibchen laufen häufiger über Tag. Die Käfer beiderlei Geschlechts verlieren in Funktion zur Lebenszeit an Kondition. Die Bedeutung der Nahrungsaufnahme während der Imaginalzeit liegt vor allem in der Geschlechterfindung. Weibchen verlieren in heißen Jahren schneller an Kondition, bei Männchen bleibt der Verlauf auch dann unverändert.

5.1 Einleitung

Die oberirdischen Aktivitäts- und Lebensphasen der meisten adulten Käferarten sind sehr kurz und dauern oft nur einige Wochen oder Monate, nur wenige Arten leben in dieser Phase ein Jahr oder länger. In diesem Sinne langlebige Käfer sind z.B. *Carabus auronitens*, *Hylobius abietis* und *Dytiscus marginalis* (Klausnitzer 2002). *Lucanus cervus* zählt in dieser Betrachtungsweise zu den kurzlebigen, ebenso wie die weiteren Großkäfer *Melolontha melolontha*, *Cerambyx cerdo*, *Oryctes nasicornis* und *Prionus coriarius*. Bei Arten mit einer kurzen aktiven Imaginalphase dient diese Lebensphase ausschließlich der Fortpflanzung. Es handelt sich um semelpare Arten. Kennzeichen solcher Arten ist das sehr hohe Investment der vorhandenen Ressourcen in die Fortpflanzung (Begon 1998). Nach dem Verbrauch der Ressourcen sterben die Käfer. Die Ressourcen werden dabei über eine unterschiedlich lange Larvalentwicklung aufgebaut. Hirschkäfer zählen zu den Käfern mit einer sehr langen Entwicklungszeit, die mit drei bis acht Jahren angegeben wird (Klausnitzer 1995, Zahradnik 1985). Die Aufnahme von Nahrung während der Imaginalzeit ist bei einzelnen Arten unterschiedlich. Maikäfer machen einen ausgiebigen Reifungsfraß, bei dem es über die Abgabe von pflanzlichen Alkoholen und weiblichen Stoffen zur Anlockung von Männchen kommt (Ruther et al. 2000), beim Nashornkäfer *Oryctes nasicornis* ist über eine Nahrungsaufnahme nichts

bekannt, Telnov (2001) schließt sie für sein Untersuchungsgebiet aus. Hirschkäfer dagegen gelten wiederum als große „Süffel“, die zuckerhaltige Baumsäfte aufnehmen (Bechtle 1977). Die Bedeutung der Nahrungsaufnahme wird von Tochtermann (1992) in einen Reifungsfraß für die Ei- und Spermienreife, sowie in einem Ausgleich für hohe Investments für die Flugleistungen und Paarung gesehen. Die Aktivitätsperiode des Hirschkäfers fällt in die Monate Mai, Juni und Juli. Der Ablauf des oberirdischen Lebens ist in Grundzügen bekannt (Klausnitzer 1995, Sprecher-Uebersax 2001). Quantitative Angaben über das Auftreten der Geschlechter und der lokomotorische Aktivitäten fehlten bislang aber noch gänzlich. Ebenso wenig findet man quantitative Angaben über den Fitnessverlauf dieser Käfer während ihres oberirdischen Lebens sowie auch im Vergleich mehrerer Jahre. Ziele dieser Untersuchung sind: (1) Die imaginalen Aktivitätsperioden zeitlich und geschlechtsspezifisch abzugrenzen, (2) den Verlauf der Aktivitätsperioden der Käfer geschlechtsspezifisch zu charakterisieren, und (3) Informationen über den Fitnessverlauf und dessen Beeinflussung im Leben der Käfer zu erhalten.

5.2 Material und Methoden

5.2.1 Telemetrie

In den Jahren 2003 bis 2005 wurden in den Monaten Mai und Juni insgesamt 56 Imagines (18 Männchen, 38 Weibchen) mit Sendern versehen (Masse ca. 350 mg, Maße 12,5 mm x 6,0 mm x 2,6 mm; Antennenlänge: 100 mm; Titley Electronics, Australien, weitere Details in Kapitel 4). Die maximale Reichweite betrug etwa 300 m und die Batterielebensdauer lag bei ca. zwölf Tagen. Die Frequenz betrug 150 - 151 MHz. Die Transmitter wurden auf dem Pronotum befestigt und mit einem Sekundenkleber auf Cyanacrylatbasis befestigt. Die Ortung der Signale erfolgte mit einem Stabo-XR-100-Scanner ergänzt durch einen Vorverstärker PA 15 (Conrad Electronics), einer Dreielement-Yagi-Antenne und einfachen Teleskop-Stabantennen.

Die Käfer wurden nach der Besenderung wieder an ihrem Fundort ausgesetzt und von diesem Zeitpunkt an im Homing-in-Verfahren drei Mal am Tag aufgesucht. Dabei wurde nach Möglichkeit Sichtkontakt aufgenommen. Die Aufenthaltsorte wurden mittels GPS (Gerät Garmin Geko 101) oder einer Karte mit sehr kleinem Maßstab erfasst und mit einem ArcView-Programm weiter bearbeitet (Details in Kapitel 4).

5.2.2 Brutstättenmonitoring und Meldungen

Das Monitoring von Brutstätten erfolgte während der Aktivitätszeiten adulter Käfer in den Abendstunden zwischen 20:00 und 23:00 Uhr. Zur Beobachtung wurden seit 2003 im Wechsel 11 Helfer eingesetzt. Dieses tägliche Monitoring fand in den Jahren 2003, 2004 und 2005 vom 20. Mai bis zum 30. Juni statt (Tab. 5.1). Die Beobachter registrierten alle Käferbewegungen von und zur Brutstätte mit Uhrzeit, Geschlecht und Aktivität (Flug, Laufen, Paarung) und trugen diese in ein Protokollbuch ein. Darüber hinaus wurden seit dem Jahr 2000 Hirschkäferbeobachtungen im Untersuchungsgebiet registriert und Fundortdaten wie Datum, Uhrzeit, Anzahl, Geschlecht, Aktivität, Habitat festgehalten.

5.2.3 Jahresspezifische Aktivitätsperioden

Das Auftreten der ersten Käfer sowie die letzte Beobachtung wurden für die Jahre 2003, 2004 und 2005 geschlechtsspezifisch festgehalten. Lebensdauerdaten von Käfern beiderlei Geschlechtes im Insektarium wurden festgehalten.

5.2.4 Tagesspezifische Aktivitätsmuster

Die Käfer wurden in der Regel drei Mal pro Tag mittels radiotelemetrischer Ortung aufgesucht. Dabei wurden Uhrzeit und eventuelle Ortsveränderungen festgehalten und nach Lauf- bzw. Flugaktivitäten zugeordnet.

Da die Lokalisationszeitpunkte ($n = 382$ für Männchen; $n = 790$ für Weibchen) nicht gleichförmig über die 24 Stunden des Tages verteilt waren und keine Daten zwischen 3.00 und 6.00 Uhr erhoben wurden, wurde eine relatives Maß benutzt, um die Häufigkeiten von Lauf- und Flugaktivität zu beschreiben. In beiden Fällen wurde zunächst die absolute Anzahl von Lauf- bzw. Flugereignisse in Stundenklassen bestimmt und dann durch die absolute Anzahl von Beobachtungen pro Stundenklasse dividiert. Dieser Quotient (mit 100% multipliziert) gibt die prozentuale Häufigkeit von Lauf- bzw. Flugaktivität an. Für jede Stundenklasse wurde zudem der Median der Strecke festgestellt, der laufend oder fliegend zurückgelegt wurde.

Neben der Telemetrie wurden Einzelbeobachtungen zu Flug- und Laufaktivitäten im Rahmen von Brutstättenmonitoring und Aufrufen an die Bevölkerung gemacht.

5.3.5 Konditionsverläufe

Von allen im Untersuchungsgebiet gefundenen, wiedergefundenen und im Insektarium beobachteten Hirschkäfern wurde die Körperlänge (Genauigkeit 0,1 mm) und die Masse (Genauigkeit 0,01g) gemessen. Die Messung erfolgt jeweils mit einer digitalen Waage und Schiebelehre. Bei Wiederfunden oder Käfern in Insektarien wurde bei Wiederholungen nur noch das Gewicht gemessen. Als Körperlänge (KI) wird der Abstand von der hinteren Elytrenspitze bis zur vorderen Mandibelspitze definiert. Da Käferimagines kein Längenwachstum zeigen, wurde die beim Erstfang ermittelte Länge für alle weiteren Konditionsberechnungen eines Tieres benutzt. Geschlecht, Käfermaße, Gewicht und Datum der Messung wurden protokolliert. Der Konditionsindex wurde nach der Formel: $(\text{Masse (g)} * 2000) / (\text{KI} * \text{KI} * \text{KI})$ berechnet.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Jahresspezifische Aktivitätsmuster

Oberirdische Aktivität. Käfer schlüpften von Mitte Mai bis Mitte Juni. Die zeitliche Abfolge des Schlüpfens war bei Männchen und Weibchen um ca. eine Woche verschoben, die ersten Männchen schlüpften früher als die Weibchen, die letzten Weibchen ca. eine Woche später als die Männchen. Der Schlupf konnte bei 49 beobachteten Tieren der Jahre 2003 - 2005 in 77,5 % der Fälle (n=38) eindeutig dem Zeitraum 21:00 bis 23:00 Uhr zugeordnet werden. Bei Grabungen an Brutstätten wurden Weibchen schon Tage, bevor sie die Brutstätte verließen, dicht unter der Oberfläche angetroffen. Die Telemetrie eines solchen Weibchens (E 05) ab dem 21.05. bestätigte dieses Verhalten. Männchen wurden ab Ende Juni nur noch in einzelnen Fällen im Freiland gesichtet. Im Jahre 2004 gab es noch eine Meldung Ende Juli. Weibchen wurden im Freiland regelmäßig bis in die erste Julihälfte hinein gemeldet (Tab. 5.1).

Tabelle 5.1: Erstes und letztes Auftreten von Hirschkäferimagines im Untersuchungsgebiet. M=Männchen, W=Weibchen.

	Männchen		Weibchen		
	M/W	erstes Auftreten	letzte Beobachtung	erstes Auftreten	letzte Beobachtung
2003 N= 25	12/13	28.05.	08.06.	29.05.	05.07.
2004 N= 35	19/16	18.05.	29.07.	02.06.	21.07.
2005 N= 148	86/62	19.05.	21.06.	24.05.	14.07.

Im Insektarium geschlüpfte Käfer des Jahres 2006 (n=6) begannen sich bereits bis zu neun Tagen vor dem Verlassen der Erde aus ihrer Puppenwiege zu entfernen und lagen zuletzt dicht unter der Erdoberfläche. Adulte Hirschkäfer in der Puppenwiege veränderten regelmäßig ihre Lage.

Im Insektarium gehaltene Männchen lebten regelmäßig bis in den Juli hinein (Tab. 5.2). Es starben erste Käfer schon ab Mitte Juni. Weibchen lebten bis weit in den August hinein, es starben aber auch schon Käfer ab Mitte Juli. Kühle Haltung im Keller bei 15-17°C und Einzelhaltung schienen die Lebensdauer bei beiden Geschlechtern zu verlängern.

Tabelle 5.2: Überlebensdauer von adulten Hirschkäfern im Insektarium.

	Männchen		Weibchen	
	Zugang	Todesdatum	Zugang	Todesdatum
2003 N= 3	14.06.	05.07.	02.07.	23.07.
2004 N= 17	19.07.	09.08.	11.07.	20.08.
2005 N= 12	21.06.	21.07.	14.07.	03.08.

Alle Hirschkäfer im Insektarium starben im Schlupfjahr. Weibchen starben sehr langsam, über Tage hinweg und lagen dabei fast regungslos auf der Oberfläche. Männchen starben meist ohne jegliche vorherige Anzeichen.

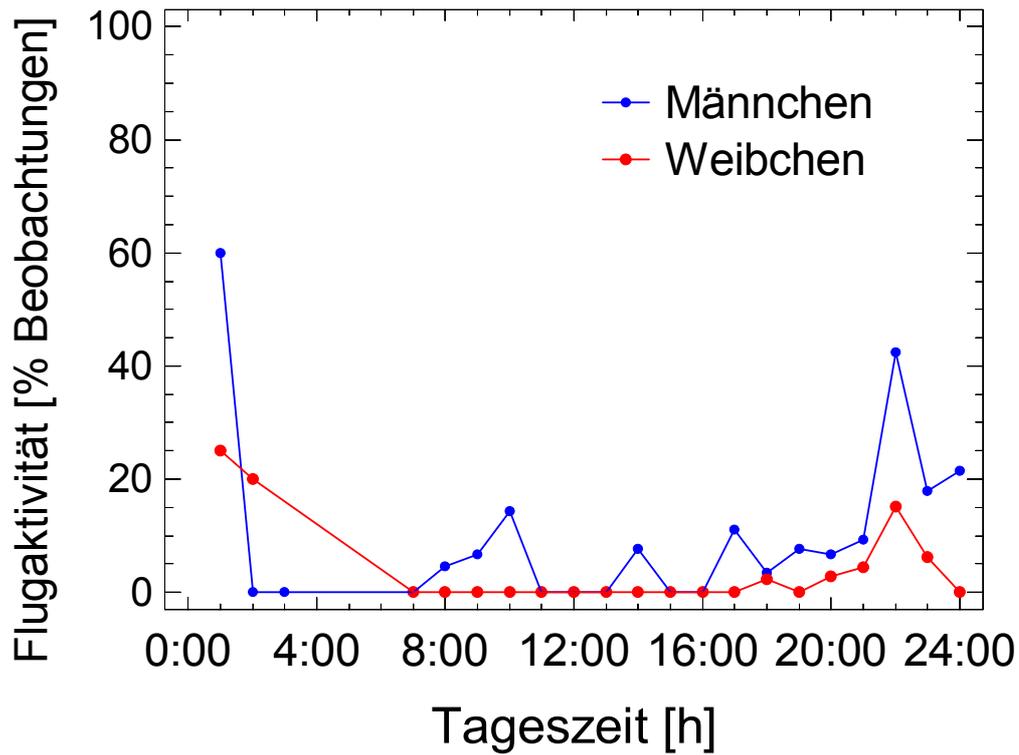
Mobilität. Für Männchen stellte der Flug die häufigste Form für Ortsveränderung über größere Entfernungen dar (Details in Kapiteln 4 und 6). Nur noch wenige Männchen (n = 14; 8,8% aller Männchen der Jahre 2000-2005) wurden nach dem 20. Juni fliegend beobachtet, im Juli sogar nur noch zwei. Weibchen verließen ihre Bruthabitate ebenfalls fliegend, wurden aber nach dem 20. Juni bis in den Juli hinein

überwiegend laufend angetroffen (n = 36; 73,5% aller Weibchenbeobachtungen nach dem 20. Juni der Jahre 2000-2005), zwischen dem 20. Juni und 30. Juni wurden noch einige Flugbeobachtungen (n = 9; 18,4%) gemacht, im Juli wurde noch eine Flugbeobachtung gemacht. Bei den Hirschkäfern beiderlei Geschlechtes kam es während der Telemetrie zu längeren Aufenthalten am gleichen Ort, das heißt mindestens einen über den Abend des Folgetages hinausgehenden Aufenthalt. Dies waren bei den Männchen n = 10, (55,5% aller telemetrierten Männchen), und bei Weibchen n = 29, (76,3 % aller telemetrierten Weibchen). Bei den Männchen dauerten solche Aufenthalte in der Regel zwei bis drei Tage, bei Weibchen mehrere Tage bis zu hin zum Lebensende.

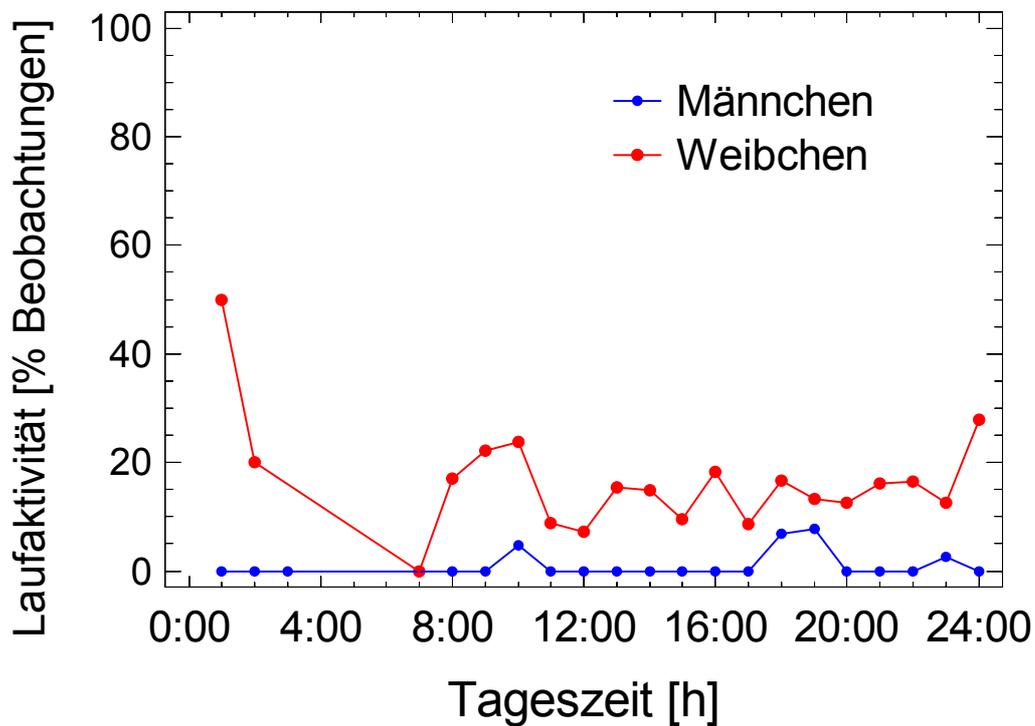
5.3.2. Tagesspezifische Aktivitätsmuster

Flugereignisse waren weder bei den Weibchen noch bei den Männchen gleichmäßig über den Tag verteilt, sondern traten gehäuft in den frühen Abend- und Nachtstunden auf (Abb. 5.1A). Die second-order Mediane der relativen Flugaktivität (Männchen: 6,6%; Weibchen: 0%) unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney u-Test; P = 0,055). Die second-order Mediane der Flugstrecken (Männchen: 84 m; Weibchen: 0 m) unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney u-Test; P = 0,058; Abb. 5.2A).

Die abendlichen Abflugzeiten telemetriertter Käfer lagen bei 17 visuell beobachteten Männchen zwischen 20:45 und 22:20 Uhr, bei 15 Weibchen zwischen 21:45 und 22:45 Uhr. Bei den Männchen lagen 15 Beobachtungen (88,3%) zwischen 21:30 und 22:30, bei den Weibchen 14 Beobachtungen (93,4%) zwischen 21:30 und 22:30 Uhr, bei beiden Geschlechtern gehäuft um die Stundenwende. Im Rahmen des Brutstättenmonitorings im Jahre 2005 wurden 69 Flugbeobachtungen bei beiden Geschlechtern zwischen 21:00 und 23:00 gemacht, davon 97,1 % zwischen 21:30 und 22:30 Uhr, ebenfalls mit einem deutlichen Schwerpunkt um die Stundenwende. Im Gegensatz zu den Flugereignissen waren die Laufereignisse annähernd gleichmäßig über den Tag verteilt (Abb. 5.1B). Die second-order Mediane der relativen Laufaktivität (Männchen: 0%; Weibchen: 15,8%) unterschieden sich signifikant (Mann-Whitney u-Test; P << 0,0001). Die second-order Mediane der Laufstrecken (Männchen: 0 m; Weibchen: 4,4 m) unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney u-Test; P = 0,0005; Abb. 5.2B).

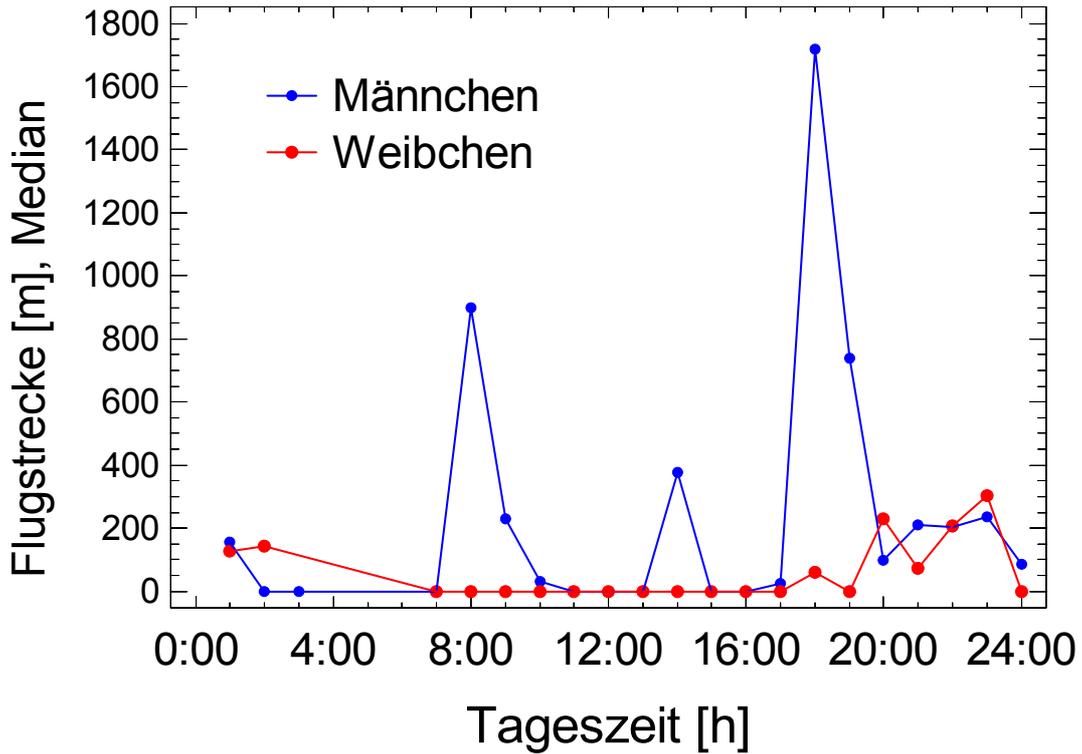


(A)

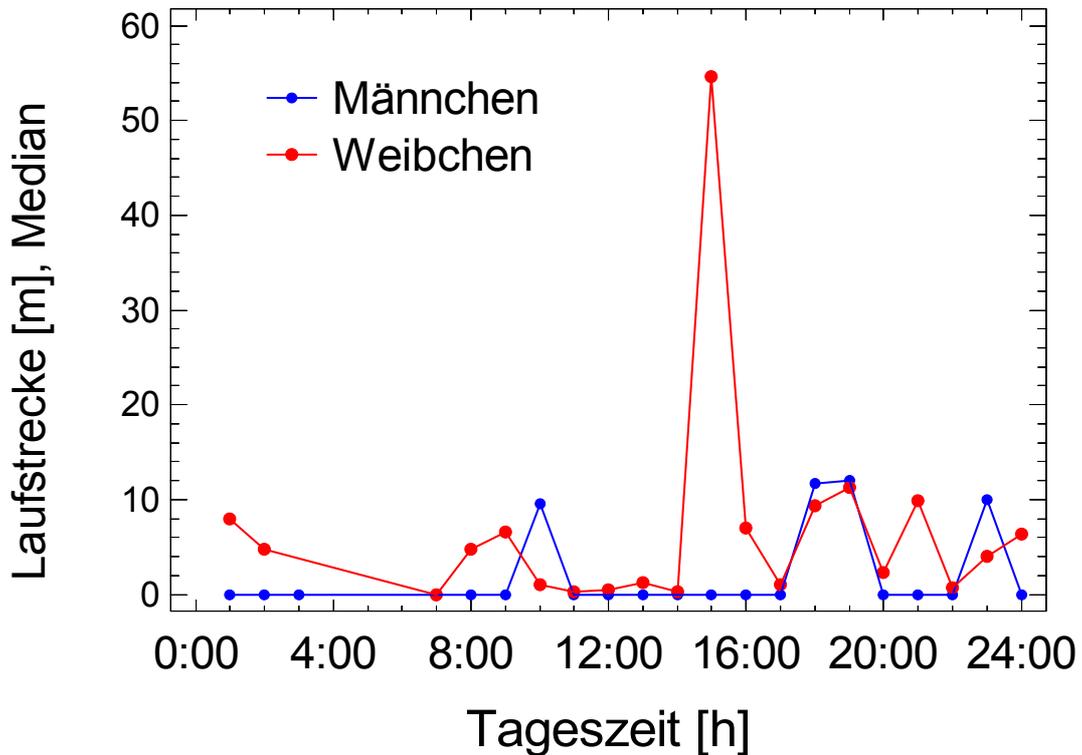


(B)

Abb. 5.1: Diurnales Muster der relativen Flug- (A) und Laufaktivität (B) von 18 telemetrierten Männchen und 38 Weibchen. Jeder Punkt repräsentiert eine Stundenklasse, in der die Messwerte aus den Jahren 2003-2005 eingingen. Verschiedene Individuen sind mehrfach vertreten.



(A)



(B)

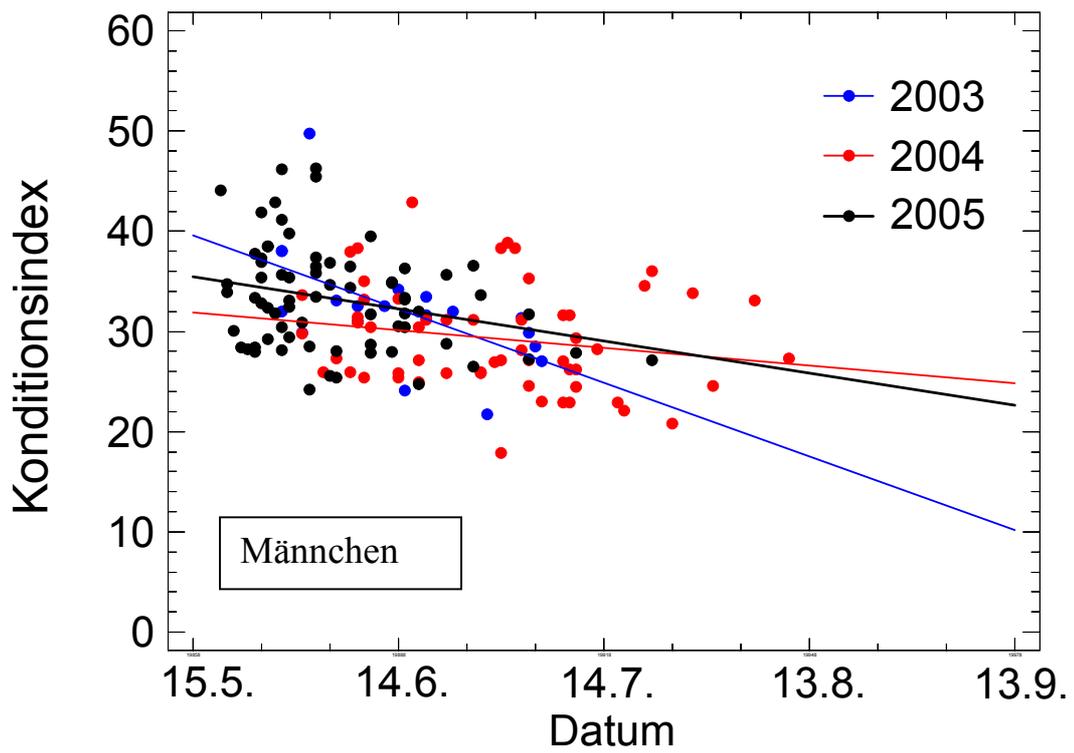
Abb. 5.2: Diurnales Muster der Flug- (A) und Laufdistanzen (B) von 18 telemetrierten Männchen und 38 Weibchen. Jeder Punkt repräsentiert eine Stundenklasse, in der die Messwerte aus den Jahren 2003-2005 eingingen. Verschiedene Individuen sind mehrfach vertreten.

5.3.3. Konditionsverläufe

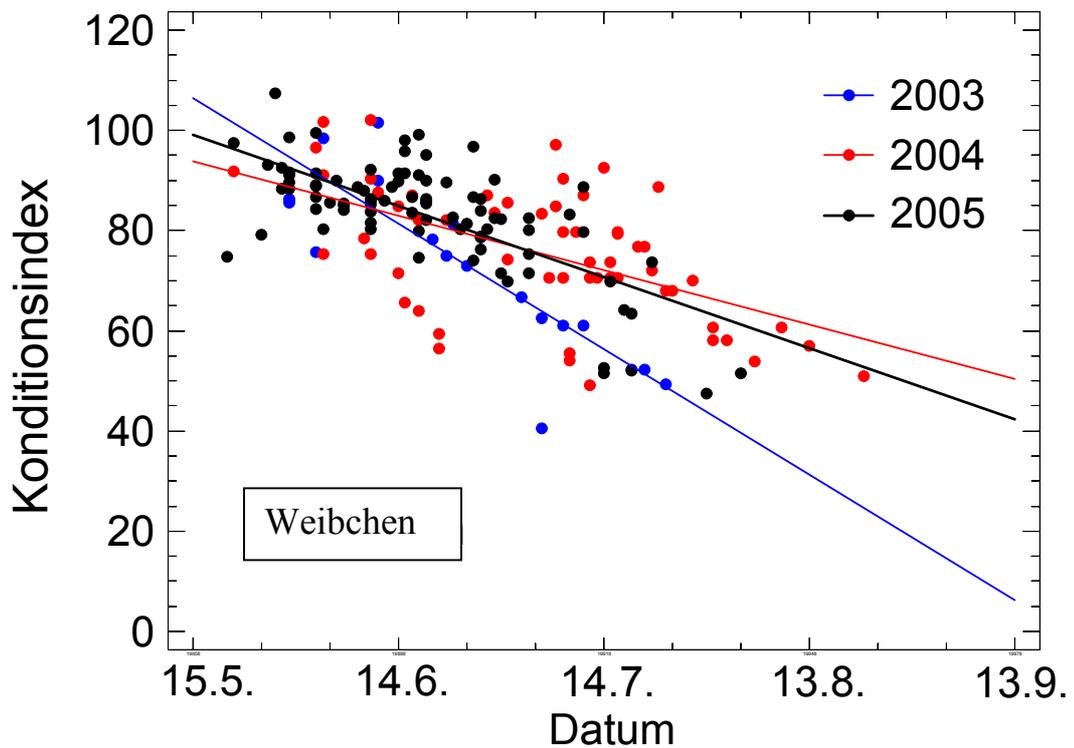
Da sich die Körperform von Männchen und Weibchen deutlich unterscheidet und dies in die Berechnung des Konditionsindex (KI) eingeht, werden die saisonalen Veränderungen des Konditionsindex nach Geschlechtern getrennt analysiert. Der geschlechtsspezifische Vergleich der saisonalen Veränderung des Konditionsindex ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Freilandfunden und den in Insektarien gehaltenen Hirschkäfer-Imagines in den Jahren 2003 bis 2005 (ANOVA, $P > 0.05$).

Bei den Weibchen korrelierte der Konditionsindex signifikant mit dem Datum der Messung (ANOVA, $P < 0,0001$; Abb. 5.3B). Die saisonale Variation (15.5. entspricht einem numerischen Wert von 19858) erklärte 53,7% der Gesamtvarianz des Konditionsindex. Aufgeschlüsselt auf die drei Untersuchungsjahre ergaben sich folgende Regressionsmodelle: (1) 2003: $KI = 16682,6 - 0,83474 * \text{Datum}$; $n = 20$, $R^2 = 71,7\%$; (2) 2004: $KI = 7271,7 - 0,3615 * \text{Datum}$; $n = 60$, $R^2 = 35,6\%$; (3) 2005: $KI = 9508,8 - 0,4738 * \text{Datum}$; $n = 86$, $R^2 = 50,6\%$. Die Steigungen und Achsenabschnitte der Jahre 2004 und 2005 unterschieden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA, $P > 0,05$); während diese beiden Jahre jeweils signifikant in Bezug auf die Steigung (ANOVA, $P = 0,0028$) und Achsenabschnitt (ANOVA, $P = 0,0141$) vom Jahr 2003 abwichen. Die Abnahmerate des Konditionsindex im Jahr 2003 war somit signifikant größer, d.h. fast doppelt so hoch wie in den beiden Folgejahren. Die Größenordnung der täglichen Abnahmeraten verhielt sich im selben Verhältnis wie die Unterschiede zwischen den mittleren Monatstemperaturen der Untersuchungsjahre (Abb. 5.4).

Bei den Männchen korrelierte der Konditionsindex signifikant mit dem Datum der Messung (ANOVA, $P < 0,0001$; Abb. 5.3A). Die saisonale Variation (15.5. entspricht einem numerischen Wert von 19858) erklärte 20,1% der Gesamtvarianz des Konditionsindex. Die Regressionsmodelle unterschieden sich nicht signifikant zwischen den drei Untersuchungsjahren (ANOVA, $P > 0,05$). Daher beschrieb folgendes Gesamtmodell den saisonalen Verlauf der Kondition: 2003-2005: $KI = 2472,7 - 0,1227 * \text{Datum}$; $n = 149$. Die Abnahmerate des Konditionsindex war also in allen Untersuchungsjahren dieselbe.



(A)



(B)

Abb. 5.3. Saisonale Veränderung des Konditionsindexes bei Männchen (A) und Weibchen (B). Jeder Punkt repräsentiert einen Messwert, verschiedene Individuen sind mehrfach vertreten. Statistische Details: siehe Text.

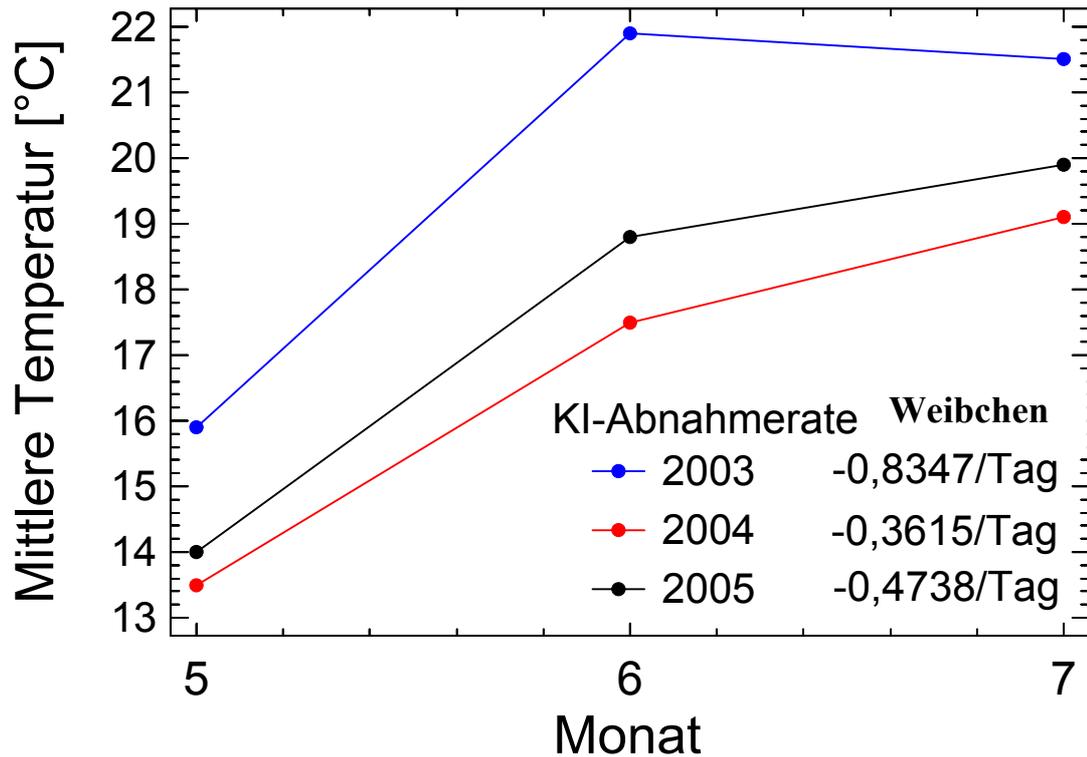


Abb. 5.4. Monatsmitteltemperaturen (Luft in 2m Höhe gemessen) Mai bis Juli in den drei Untersuchungsjahren. Die Abnahmeraten des Konditionsindex der Weibchen (Steigungen der Regressionsmodelle) sind zum Vergleich angegeben.

5.4 Diskussion

Aktivitätsbeginn. Dass Hirschkäfer bereits Tage vor dem eigentlichen Verlassen der Erde dicht unter der Erdoberfläche sitzen, ermöglicht den Käfern ein rasches Ausnutzen günstiger Wetterlagen. Möglicherweise verstärkt es bei den Weibchen die in Kapitel 6 festgestellte frühe Anlockung der Männchen an die Brutstätte. Der oberirdische Aktivitätsbeginn liegt im Untersuchungsgebiet mit Mitte Mai deutlich früher als bei den Beobachtungen von Sprecher-Uebersax (2001), die nur selten Beobachtungen ab Ende Mai anführt, sondern in der Regel erst ab Juni. Hierfür könnten lokale Witterungsbedingungen verantwortlich sein. Es erscheint aber fraglich, ob die Erstaktivitäten rund um die Brutstätten bei Untersuchung von Sprecher-Uebersax vollständig erfasst wurden, denn diese können nur mit einem intensiven Brutstättenmonitoring ab Anfang Mai sicher erkannt werden. Im Untersuchungsgebiet war diese frühe Aktivitätsphase jedenfalls eine entscheidende Phase für die Geschlechterfindung und Mischung innerhalb der Population. Hier sollten weitere Untersuchungen in unterschiedlichen Gebieten vom Bruthabitat ausgehend erfolgen. Sprecher-Uebersax (2001) beschreibt aber ebenfalls wie in der

vorliegenden Untersuchung ein späteres Auftreten der Weibchen. Auch für andere Käferarten wie z.B. den Eichenheldbock ist eine solches Verhalten bekannt (Döhring 1955, Schartner 1994).

Tagesaktivität: Hirschkäfer sind überwiegend dämmerungsaktiv, vor allem was die Flugaktivität angeht. Dies haben sie mit anderen Großkäfern gemeinsam. Maikäfer *Melolontha hippocastani*, der Nashornkäfer *Oryctes nasicornis* und Eichenheldbock *Cerambyx cerdo* zeigen sind ebenfalls in der Dämmerung flugaktiv. Für *Melolontha hippocastani* geben Ruther et al (2001) Schwärmflüge der Männchen bei Einbruch der Dämmerung an, für den Eichenheldbock gibt Neumann (1997) einen Aktivitätszeitraum von 20:00 bis 05:00 Uhr an und für den Nashornkäfer gibt Telnov (2001) als Flugzeiten Dämmerung und Nacht an. Beim Hirschkäfer liegt der Schwerpunkt für größere Ortsveränderung durch Flug bei beiden Geschlechtern zwischen 21:30 und 22:30 Uhr. Männchen laufen nur im Nahbereich, das heißt innerhalb des von ihnen aufgesuchten Habitates wie Baum, Strauch oder Brutstätte (s. Kapitel 6), Weibchen suchen das Bruthabitat und den Einstieg zu ihrer Brutstätte auch über größere Entfernungen laufend auf (s. Kapitel 6). Dies tun sie häufig über Tag. Ein möglicher Grund hierfür könnte die geeignete Standortauswahl bezüglich Wärmeversorgung (Lichteinfall) an der Brutstätte sein. Beim Borkenkäfer *Ips typographus*, bei dem das Ziel des Schwärmfluges identisch mit dem Brutort ist, sind eine erhöhte Flugaktivität in sonnigen Tagesabschnitten (heliothermes Verhalten) sowie ein erhöhter Anflug auf Pheromonfallenstandorte in südexponierten Lagen gegenüber anderen Expositionen (Phototaxis) bekannt (Lobinger & Skutalla 1996).

Konditionsverlauf und Lebenserwartung. Der gemessene und beobachtete Konditionsverlust in der Funktion zur Zeit weist bei beiden Geschlechtern neben der begrenzten Lebensdauer auch auf eine nachlassende Fitness für die Fortpflanzung innerhalb der Lebenszeit der Käfer hin. Sprecher-Uebersax (2001) beobachtet ebenfalls einen Vitalitätsverlust. Weibchen verlieren in heißen Jahren schneller ihre Kondition als in kühleren Jahren. Für die Weibchen sind deshalb kühle, wechselhafte Witterungsverhältnisse in den Monaten Mai/Juni zur gezielten Einsetzung ihrer Ressourcen möglicherweise günstiger als durchgehend heiße Wetterlagen wie im Jahre 2003. Weibchen sind in der Lage ungünstige Witterungsbedingungen über Tage hinweg abzuwarten. Hirschkäfermännchen fliegen nicht zufällig, sondern orientieren sich an lockenden Bruthabitaten oder einzelnen Weibchen (Details in Kapitel 6). Sie sind ebenfalls in der Lage ihre Flugaktivitäten mangels Lockreizen

oder schlechter Witterung zu unterbrechen, sie setzen ihre Ressourcen dann bei günstigeren Verhältnissen ein. Beide Geschlechter können aber auch durchaus bei sehr niedrigen Temperaturen und Regen fliegen, allerdings mit einem sehr hohen Aufwand für die Flugvorbereitung (Details in Kapitel 4).

Die Nahrungsaufnahme, d. h. Aufnahme von Baum- und Fruchtsäften schafft offensichtlich nur kurzfristige Ressourcen und kann aber das Absinken des Konditionsindex nicht verhindern. Den Männchen stehen in der ersten Phase im Untersuchungsgebiet keine reifen Kirschen zur Verfügung, Weibchen sind noch überwiegend im Boden und Saftmale können sie sich selbst nicht anlegen. Weibchen halten sich den überwiegenden Teil ihres Lebens fernab von Nahrungsquellen auf, und dies auch tagelang ohne Standortwechsel. Der Nahrungsaufnahme könnte vielmehr eine wichtige Funktion beim Anlocken von Männchen im Baum (Strauch), also nach dem Erstflug des Weibchens zukommen und damit eine ähnliche Funktion wie beim Maikäfer *Melolontha hippocastani*, wo Weibchen über die Nahrungsaufnahme mit pflanzlichen Alkoholen verstärkt anlocken (Ruther et al 2000).

Hirschkäfermännchen waren im Untersuchungsgebiet ab dem 20. Juni nur noch selten zu beobachten, dies hängt sicherlich mit der Tatsache zusammen, dass ab diesem Zeitpunkt die überwiegende Anzahl der Weibchen mit der Eiablage beschäftigt ist und daher kein Anlocken mehr erfolgte. Die Aktivitätszeit der Männchen ging zu Ende, die Käfer traten, von einzelnen Ausnahmen abgesehen nicht mehr in Erscheinung. Beim Männchen kann man von einer Lebenserwartung von rund acht Wochen ausgehen, wobei ihre reproduktive Phase schon ab dem 20. Juni überwiegend beendet ist. Die Aktivitätszeit der Weibchen endet nach der Eiablage in der Brutstätte oder nach dem Verlassen auf dem Boden mit dem Tode. Bei den Weibchen sind es bis zu zwölf Wochen und dabei widmet es sich nach der Paarung sehr lange der Eiablage, wobei die Ressourcen verbraucht werden. Ein zweiter Zyklus für das Weibchen erscheint sehr unwahrscheinlich (vergl. Kapitel 6).

5.5 Literatur

Ant, H. (1973): Beobachtungen zur Biologie des Hirschkäfers. Natur und Heimat (Münster-Westfalen), 33 87-92.

Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1996): Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell.

- Bechtle, W. (1977):** Hirschkäfer sind große Süffel. Kosmos Stuttgart 73: 1977/647-654
- Döhring, E. (1955):** Zur Biologie des Großen Eichenbockkäfers (*Cerambyx cerdo* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsbewegungen im Areal. Zeitschrift für angewandte Zoologie 42: 251-373.
- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Klausnitzer, B. (2002):** Wunderwelt der Käfer. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg-Berlin 196.
- Lobinger G. & Skutalla U. (1996) :** Untersuchungen zu Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anzeiger für Schädlingkunde 69: 183-185.
- Neumann, V (1997):** Der Heldbockkäfer (*Cerambyx cerdo*). Alexander Antonow Verlag Frankfurt am Main
- Ruther, J. Reinecke A. Thiemann, K. Tolasch, T. Francke W. and Hilker M. (2000):** Mate finding in the forest chockchafer, *Melolontha hippocastani* mediated by volatiles from plants and females. Physiol. Entomol. 25: 172-179
- Ruther, J. Reinecke A. Tolasch T. Hilker, M. (2001):** Make Love not war: a common arthropod defence compound as sex pheromone in the forest chockchafer *Melolontha hippocastani*. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung (2002) 128: 44-47.
- Schartner, S. (1994):** Umsiedlung des Heldbock-Käfers (*Cerambyx cerdo* L.) von dem ehemaligem Battelle-Gelände in den Schwanheimer Wald. – unveröffentlicht, in: Neumann, V.(1997).
- Sprecher-Uebersax, E. (2001):** Studien zur Biologie und Phänologie des Hirschkäfers im Raum Basel mit Empfehlungen von Schutzmassnahmen zur Erhaltung und Förderung des Bestandes in der Region. Dissertation, Universität Basel,
- Tochtermann, E. (1992):** Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 6: 308-311.
- Telnov, D. (2001):** Gefährdete und seltene Wirbellose Lettlands Teil I *Oryctes nasicornis*. Latv. Entomol. 38: 70-75
- Zahradnik, J. (1985):** Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Paul Parey Verlag Hamburg-Berlin

6. Geschlechtsspezifisches Fortpflanzungsverhalten beim Hirschkäfer

Zusammenfassung.

Radiotelemetrie, Fang-Markierung-Wiederauffang und Brutstättenmonitoring erwiesen sich beim Hirschkäfer als geeignete Methoden, die Fortpflanzungsstrategie dieser Tiere zu studieren. Das saisonale Schlupfverhalten der Hirschkäfer zeigte deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede und wurde von Klimafaktoren beeinflusst. Der Brutstätte kam eine zentrale Rolle bei der Geschlechterfindung zu. Männchen und Weibchen zeigten unterschiedliches Dispersionsverhalten. Die Paarung erfolgte entweder an der Geburtsbrutstätte oder nach einem Schwärmflug des Weibchens meist in der Nähe von anderen Bruthabitaten. Der Fortpflanzungszyklus beim Weibchen wurde in der Regel nur einmal durchlaufen.

6.1 Einleitung

Die Lebenszyklusstrategie des Hirschkäfers *Lucanus cervus* fällt unter die Kategorie der überlappenden Semelparität (Begon et al. 1996). Einer langen Larvalentwicklung folgt ein kurzes Käferstadium, welches einzig und allein der Fortpflanzung dient, dabei werden alle Ressourcen verbraucht, die Imagines sterben am Ende dieses Prozesses. Überlappende Semelparität zeigen auch Libellenarten wie z.B. die Torfmosaikjungfer (*Aeshna juncea*), die nach fast zweijähriger Entwicklungszeit ab Juni bis Oktober als Imago auftreten und dann sterben (Bellmann 1999). Weitere Großkäfer mit ähnlichen Lebenszyklen sind z.B. der Nashornkäfer (*Oryctes nasicornis*) und der Sägebock (*Prionus coriarius*).

Die spezielle Fortpflanzungsbiologie von *Lucanus cervus* erregte bereits seit Mitte des letzten Jahrhunderts Aufmerksamkeit, die sich zunächst auf die imposanten Rivalenkämpfe und die Paarung konzentrierte (Tippmann 1954). Erst seit den 80er Jahren steht die geschlechterspezifische Gesamtstrategie im Vordergrund (Tochtermann 1987; Sprecher-Uebersax 2001). Die Verknüpfung qualitativer Einzelbeobachtungen an unterschiedlichen Populationen ergab folgendes Bild: Das Fortpflanzungsverhalten wird dadurch eingeleitet, dass das Weibchen einen Saffluss (Nahrungsquelle) an Eiche oder Buche aufsucht beziehungsweise ihn selbst anlegt. Zu diesen Stellen, an denen das Weibchen verharret, fliegen mehrere Männchen aus Entfernungen von bis zu 5 km herbei (Klausnitzer 1995). Hierfür

werden z.B. Eichengerbsäure für die Fernwirkung und Pheromone im Nahbereich als Lockstoffe verantwortlich gemacht (Tochtermann 1992), außerdem das Ausscheiden von Kot beim Saftlecken der Weibchen (Jacobs & Renner 1998). Zwischen den Männchen kommt es dabei zu Rivalenkämpfen (Tippmann 1954). Nach der Paarung sucht das Weibchen geeignete Bruthabitate auf, hier wird angenommen, dass die Weibchen überwiegend zurück zu ihrer Geburtsstätte fliegen und dort zur Eiablage gelangen (Tochtermann 1992). Dieser Zyklus wird bis zu drei Mal wiederholt, allerdings beim zweiten Zyklus schaffen es nur noch 50 % und beim dritten nur noch 5 % der Weibchen (Tochtermann 1992). Die Männchen warten währenddessen an Saftbäumen und nehmen Nahrung auf (Tochtermann 1992).

Bislang fehlt eine quantitative Analyse des Reproduktionsverhaltens innerhalb einer Population, die das beschriebene Verhaltensmosaik als kausale Abfolge bestätigen würde. Speziell die beschriebene Form der Geschlechterfindung sowie die Häufigkeit der individuellen Fortpflanzungszyklen bedürfen bei dieser Art der Überprüfung. Außerdem stellt sich die Frage, ob es alternative Reproduktionsstrategien gibt (Alcock 1996). Ziele der Untersuchung sind deshalb: (1) Die quantitative Erfassung des Reproduktionsverhaltens; (2) den Mechanismus der Geschlechterfindung zu beschreiben; (3) die Kosten-Nutzen-Analyse der geschlechtsspezifischen Reproduktionsstrategien.

6.2 Material und Methoden

6.2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Gemarkungen der Gemeinden Bullay und Alf, Kreis Cochem-Zell im Bundesland Rheinland-Pfalz (weitere Details in Kapitel 2). Das Gebiet liegt beiderseits der Mosel, einem Fließgewässer 1. Ordnung. Die Höhenzonierung reicht von 94 bis 398 m ü. NN, das Klima lässt sich als trocken-warmes Weinbauklima charakterisieren. Die Ortschaften liegen an der Mosel umgeben von Weinbergen, Gärten und Resten alter Streuobstwiesen, die in den Bergen und Nordhängen in Traubeneichen-Hainbuchen-Wälder mit unterschiedlichen Anteilen natürlicher und anthropogen eingebrachter Baumarten übergehen.

6.2.2 Brutstättenmonitoring

Das Monitoring der Brutstätten (Abb. 6.1, Details in Kapitel 3) erfolgte während der Aktivitätszeiten adulter Käfer in den Abendstunden zwischen 20:00 und 23:00 Uhr. Zur Beobachtung wurden seit 2003 im Wechsel elf Helfer eingesetzt. Dieses tägliche Monitoring fand in den Jahren 2003, 2004 und 2005 vom 20. Mai bis zum 30. Juni statt (Tab. 6.1). Die Beobachter registrierten alle Käferbewegungen von und zur Brutstätte mit Uhrzeit, Geschlecht und Aktivität (Flug, Laufen, Paarung) und trugen diese in ein Protokollbuch ein. Zusätzlich wurden einzelne Brutstätten mit Gerüstnetzen zeltartig bodendicht abgedeckt. Diese Netze wurden in der ersten Maiwoche ausgebracht und bis in den Juli hinein, jedoch mindestens über die Schlüpfphasen bis 10. Juni belassen. Stichprobenartig wurden alle übrigen bekannten Brutstätten auf Schlupfmerkmale und Eingrabungen (ovale Löcher) kontrolliert.



Abb. 6.1. Geographische Lage der 12 Hirschkäferbrutstätten im Untersuchungsgebiet mit Angabe der Art des Monitorings und der Luftlinienabstände zwischen den Brutstätten.

Tabelle 6.1: Übersicht zur Intensität des Brutstättenmonitorings

Brutstätte	Zu- gang	Einsatz von Beobachtern			Abdeckung mit Netz			Stichproben (Schlupf, Eingrabungen)		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
B 1 Möhrer 1	2003	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja
B 2 Thiel	2004		ja	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja
B 3 Bucher	2004			nein		nein	nein		ja	ja
B 4 Bucher	2003			nein		ja	ja		ja	ja
B 5 Möhrer 2	2004			ja			ja		ja	ja
B 6 Moselperle 1	2005			ja			ja			ja
B 7 Moselperle 2	2005			ja			ja			ja
B 8 Moselperle 3	2005			ja			ja			ja
B 9 Kolping 1	2005			zeit- weise			nein			ja
B 10 Kolping 2	2005			zeit- weise						ja
B 13	2003	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein

6.2.3 Individualmarkierungen

Im Jahr 2005 wurden die im Untersuchungsgebiet gefangenen Käfer (n = 68) markiert und wieder ausgesetzt. Ausnahme waren Käfer, die für telemetrische oder andere Untersuchungen benötigt wurden. Für die Markierung wurde Nagellack verwendet, der bei Vorversuchen im Terrarium sehr gut an den Tieren hielt. Die Tiere erhielten individuelle Muster mit verschiedenen Farben, Symbolen und Auftragungsorten, damit sie bei Wiederfinden eindeutig zu identifizieren waren.

6.2.4 Radiotelemetrie

In den Jahren 2003 bis 2005 wurden in den Monaten Mai und Juni insgesamt 23 Imagines beim Schlüpfen aus den Brutstätten gefangen und anschließend mit Sendern versehen (Masse ca. 350 mg, Maße 12,5 mm x 6,0 mm x 2,6 mm; Antennenlänge: 100 mm; Titley Electronics, Australien, weitere Details in Kapitel 4). Die maximale Reichweite betrug etwa 300 m und die Batterielebensdauer lag bei ca. zwölf Tagen. Die Frequenz betrug 150 - 151 MHz. Die Transmitter wurden auf dem Pronotum befestigt und mit einem Sekundenkleber auf Cyanacrylatbasis befestigt. Die Ortung der Signale erfolgte mit einem Stabo-XR-100-Scanner ergänzt durch einen Vorverstärker PA 15 (Conrad Electronics), einer Dreielement-Yagi-Antenne und einfachen Teleskop-Stabantennen.

Die Käfer wurden nach der Besenderung wieder an ihrem Fundort ausgesetzt und von diesem Zeitpunkt an im Homing-in-Verfahren drei Mal am Tag aufgesucht.

Dabei wurde nach Möglichkeit Sichtkontakt aufgenommen. Die Aufenthaltsorte wurden mittels GPS (Gerät Garmin Geko 101) oder einer Karte mit sehr kleinem Maßstab erfasst und mit einem ArcView-Programm weiter bearbeitet. Die telemetrierten Tiere lieferten Informationen über die Brutstättenfindung, den Austausch zwischen den Brutstätten und die Paarfindung.

6.2.5 Klimadaten

Im Untersuchungsgebiet, Gemeinde Bullay, befindet sich eine Wetterstation Typ ELV, WS 2500, Höhenlage 180 m.ü.NN, die tägliche Daten über Temperatur (Min/Max, Mittel) Luftfeuchte (Min/Max; Mittel) und Luftdruck. liefert. Die Anlage ist in Form einer "kleinen Wetterhütte" errichtet und misst nach internationaler Norm in einer Höhe von zwei Metern über dem Erdboden.

6.2.6 Statistische Analysen

Da die Daten in der Regel nicht normal verteilt waren, wurden die Verteilungen durch ihre Mediane charakterisiert. Vergleiche der Mediane erfolgten mittels des Mann-Whitney u-Tests bei zwei Gruppen und mittels des Kruskal-Wallis Test bei multiplen Gruppen. Zur Analyse des Klimaeinflusses auf das Schlüpfverhalten wurde zunächst eine Diskriminanzanalyse und anschließend eine multiple Regressions- und Korrelationsanalyse eingesetzt. Der Klimadatensatz für beide Analysen bestand aus neun Variablen mit 162 Beobachtungen: (1-3) Tagesdurchschnittstemperatur, tägliches Temperaturminimum und –maximum, gemessen in 2 m Höhe; (4-6) Tagesdurchschnitt der relativen Luftfeuchtigkeit, tägliches Feuchteminimum und –maximum; (7-9) Tagesdurchschnitt des Luftdrucks, tägliches Druckminimum und –maximum. Diese Daten wurden mit den Schlüpfereignissen (kategorische Variable ja/nein; Diskriminanzanalyse) und mit der Schlüpfintensität (kontinuierliche Variable; Anzahl der an diesem Tag geschlüpften Imagines; multiple Regressionsanalyse) in Beziehung gesetzt. Bei den Analysen wurden sowohl die Klimadaten des Tages des Schlüpfereignisses als auch die drei Tage davor berücksichtigt. Vollständige Datensätze lagen für die Jahre 2004 und 2005 vor. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgesetzt. Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem Programmpaket Statgraphics Plus, Version 5.0, durchgeführt.

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Phänologie des Schlüpfens aus der Brutstätte

Die Schlüpfaktivität begann Mitte Mai und endete Mitte Juni (Abb. 6.2). Die zeitliche Abfolge des Schlüpfens war bei Männchen und Weibchen um ca. eine Woche verschoben, die ersten Männchen schlüpften früher als die Weibchen, die letzten Weibchen ca. eine Woche später als die Männchen. Bei Grabungen an Brutstätten wurden Weibchen schon Tage bevor sie die Brutstätte verließen dicht unter der Oberfläche angetroffen. Die Telemetrie eines solchen Weibchens (E 05) ab dem 21.05 bestätigte dies.

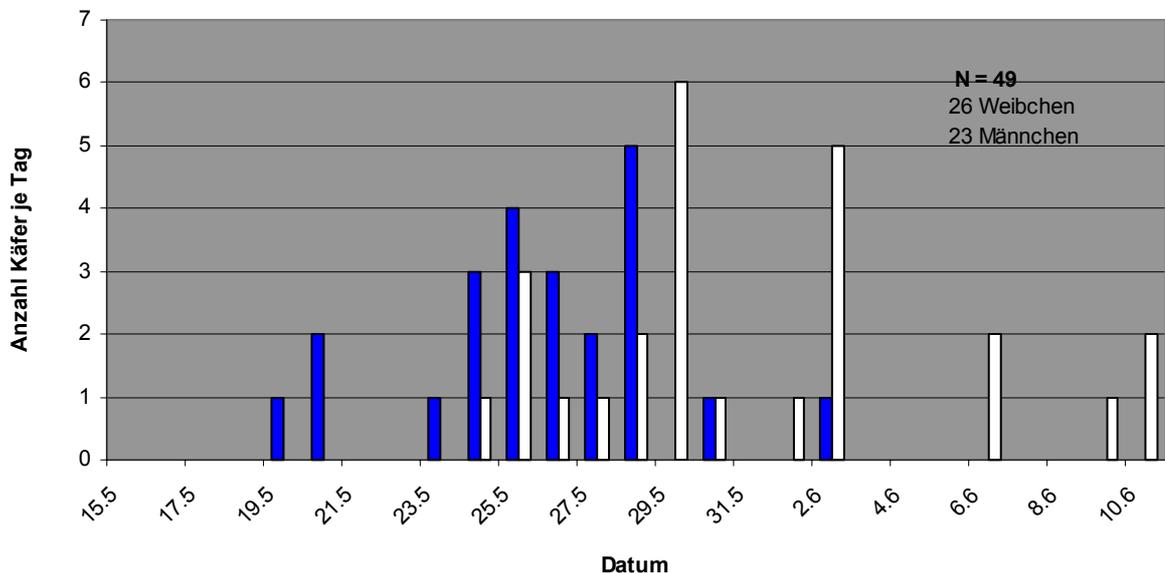


Abb. 6.2: Geschlechtsspezifische Phänologie des Schlüpfens von 49 Imagines, kumulierte Daten aus den Jahren 2003-2005 (blau= Männchen, weiß= Weibchen)

Diskriminanzanalysen der Wetterbedingungen im Schlüpferzeitraum (15.5.-10.6. in den Jahren 2003-2004) zeigten für beide Geschlechter, dass Klimafaktoren am Schlüpftag und bis zu drei Tage vorher den Zeitpunkt des Schlüpfens signifikant beeinflussten (Tab. 6.2). Da jedoch die Vorhersage von Schlüpftagen eine Fehlklassifikationsrate von 21,4 % bzw. 27,3 % hatte, ist eine tagesgenaue Vorhersage aufgrund von Wetterdaten nicht möglich. Bei den Männchen war es vor allem die Lufttemperatur, die Schlüpftage von Nicht-Schlüpftagen unterschieden, bei den Weibchen spielten auch Luftfeuchtigkeit und Luftdruck eine Rolle (Tab. 6.2).

Tabelle 6.2: Statistische Kennzeichen der Diskriminanzfunktionen (n Tage = 81)

(A) Übersichtsstatistik:

Diskriminanzfunktion	Eigenwert	Prozentsatz	Canonische Korrelation	Wilks Lambda	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Irrtumswahrscheinlichkeit P
1. Männchen	0,434814	100,00	0,55050	0,696954	27,4387	6	<<0,0001
2. Weibchen	0,267317	100,00	0,45927	0,789069	18,2415	4	=0,0011

(B) Standardisierte Diskriminanzfunktionskoeffizienten:

Männchen: Klimavariablen	Koeffizienten
Mittlere Lufttemperatur am Schlüpftag	1,53539
Mittlere Lufttemperatur 2 Tage vor dem Schlüpftag	-1,2898
Mittlere Lufttemperatur 3 Tage vor dem Schlüpftag	2,02432
Mittlere Luftfeuchtigkeit 3 Tage vor dem Schlüpftag	1,05937
Lufttemperaturminimum am Schlüpftag	-0,866498
Lufttemperaturminimum 3 Tage vor dem Schlüpftag	-1,62434
Weibchen: Klimavariablen	Koeffizienten
Mittlere Lufttemperatur am Schlüpftag	1,88794
Mittlere Luftfeuchtigkeit am Schlüpftag	0,869884
Mittlerer Luftdruck 2 Tage vor dem Schlüpftag	0,740577

(C) Klassifikationstabellen

Beobachtet		Vorhergesagt	
Männchen	Gruppengröße	Nicht-Schlüpftag	Schlüpftag
Nicht-Schlüpftag	70	60 (85,71%)	10 (14,29%)
Schlüpftag	11	3 (27,27%)	8 (72,73%)

Anteil korrekter Vorhersagen: 83,95 %

Beobachtet		Vorhergesagt	
Weibchen	Gruppengröße	Nicht-Schlüpftag	Schlüpftag
Nicht-Schlüpftag	67	53 (79,10%)	14 (20,90%)
Schlüpftag	14	3 (21,43%)	11 (78,57%)

Anteil korrekter Vorhersagen: 79,01%

Die Anzahl der geschlüpften Käfer korrelierte mit den Wetterbedingungen und erlaubte die Erstellung quantitativer Vorhersagemodelle mittels multipler Regressionsanalyse (Tab. 6.3a, b). Bei den männlichen Hirschkäfern erklärte das beste Regressionsmodell auf der Basis von drei Luftfeuchtigkeitsvariablen 37,8% (R^2) der Variabilität in der Schlüpfintensität, bei den Weibchen trugen zwölf Klimavariablen zur einer Erklärung von 72,8% der Gesamtvariabilität bei.

Tabelle 6.3: Lineare Regressionsmodelle zur Vorhersage der Schlupfintensität (Anzahl geschlüpfter Imagines pro Tag) mittels Klimavariablen basierend auf n = 53 Tagen.

(A) Männchen:

Klimavariablen	Schätzwert Koeffizient	Standardfehler	t-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit P
Konstante	-1,76647	0,919888	-1,92031	> 0,05
Luftfeuchteminimum am Schlüpfstag	-0,02874	0,012069	-2,38158	= 0,0211
Mittlere Luftfeuchte 1 Tag vor dem Schlüpfstag	0,10683	0,022210	4,80971	<< 0,00001
Luftfeuchteminimum 1 Tag vor dem Schlüpfstag	-0,07595	0,017626	-4,30905	= 0,0001

Varianztabelle

Varianzquelle	Quadratsummen	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit P
Modell	19,2031	3	6,40104	10,12	<<< 0,00001
Restvarianz	31,6302	50	0,632604		
Korrigierte Gesamtvarianz	50,8333	53			

(B) Weibchen:

Klimavariablen	Schätzwert Koeffizient	Standardfehler	t-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit P
Konstante	-49,7594	22,0325	-2,25845	= 0,0293
Mittlere Lufttemperatur 1 Tag vor dem Schlüpfstag	0,303368	0,117372	2,58468	= 0,0134
Lufttemperaturmaximum 1 Tag vor dem Schlüpfstag	-0,172589	0,0764424	-2,25776	= 0,0293
Mittlere Luftfeuchte 1 Tag vor dem Schlüpfstag	0,0907034	0,0298295	3,04073	= 0,0041
Luftfeuchteminimum 1 Tag vor dem Schlüpfstag	-0,0866586	0,0259199	-3,34332	= 0,0018
Luftdruckminimum 1 Tag vor dem Schlüpfstag	0,0551871	0,0213786	2,58142	= 0,0135
Mittlere Lufttemperatur 2 Tage vor dem Schlüpfstag	-0,361067	0,0949448	-3,80292	= 0,0005
Lufttemperaturminimum 2 Tage vor dem Schlüpfstag	0,295779	0,0664034	4,45428	= 0,0001
Mittlere Luftfeuchte 2 Tage vor dem Schlüpfstag	0,0648309	0,0287879	2,25202	= 0,0297
Luftfeuchteminimum 2 Tage vor dem Schlüpfstag	-0,11777	0,0221281	-5,3222	<< 0,00001
Mittlere Luftfeuchte 3 Tage vor dem Schlüpfstag	0,140377	0,0301249	4,65981	<< 0,00001
Luftfeuchteminimum 3 Tage vor dem Schlüpfstag	-0,104499	0,0196671	-5,31338	<< 0,00001
Luftfeuchtemaximum 3 Tage vor dem Schlüpfstag	-0,110638	0,0182224	-6,07157	<< 0,00001

Varianztabelle

Varianzquelle	Quadratsummen	Freiheitsgrade	Mittlere Quadratsummen	F-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit P
Modell	40,2139	12	3,35116	9,17	<< 0,00001
Restvarianz	14,9898	41	0,365606		
Korrigierte Gesamtvarianz	55,2037	53			

6.3.2 Aktivität an der Brutstätte

Gruppenzusammensetzung der Imagines an der Brutstätte. Die im folgenden beschriebenen oberirdischen Aktivitäten der Käfer wurden im Jahr 2005 an allen Brutstätten in der gleichen zeitlichen Abfolge beobachtet (Abb. 6.3 A, B). Unterschieden wurde zwischen Imagines aus der beobachteten Brutstätte und solchen, die aus anderen Brutstätten zugeflogen waren. Lediglich die Zeitpunkte der ersten Beobachtung und die Abundanzen der einzelnen Imaginesgruppen variierten zwischen den Lokalitäten. Zunächst hielten sich hauptsächlich Männchen, die aus der beobachteten Brutstätte geschlüpft waren und solche, die von anderen Brutstätten zugeflogen waren, dort auf. Erstere verließen die Brutstätte meist innerhalb eines Tages. Mit dem Schlüpfen der Weibchen begann dann ein reger Betrieb mit anfliegenden, wiederkehrenden und den letzten schlüpfenden Männchen. Erste Paarungen an der Brutstätte wurden beobachtet. Das Interesse der Männchen an der Brutstätte endete schlagartig mit dem Verlassen oder dem Eingraben der letzten dort geschlüpften Weibchen. Zuletzt hielten sich nur noch Weibchen, die von anderen Brutstätten zugeflogen waren, hier auf. Sie liefen dann auf die Brutstätte zu und gruben sich dort ein.

Aufenthaltsdauer der Käfer an den Brutstätten. An den Brutstätten wurde die Aufenthaltsdauer nach Geschlechtern und Brutstättenzugehörigkeit aufgeschlüsselt registriert. Männliche ($n = 17$) und weibliche Imagines ($n = 21$) verließen die Geburtsbrutstätte meist innerhalb eines Tages nach dem Schlüpfen (Abb. 6.4A). Die Mediane der Aufenthaltsdauer betragen für beide Geschlechter einen Tag und unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney u-Test: $P > 0,05$). Die Brutstätte wurde immer fliegend verlassen, wobei zum Abflug zuerst ein Baum oder Strauch laufend aufgesucht wurde. Allerdings verblieben auch einige Imagines bis zu 26 Tage an der Brutstätte (neun Weibchen, drei Männchen, d.h. 31,5% aller Tiere der Geburtsbrutstätte).

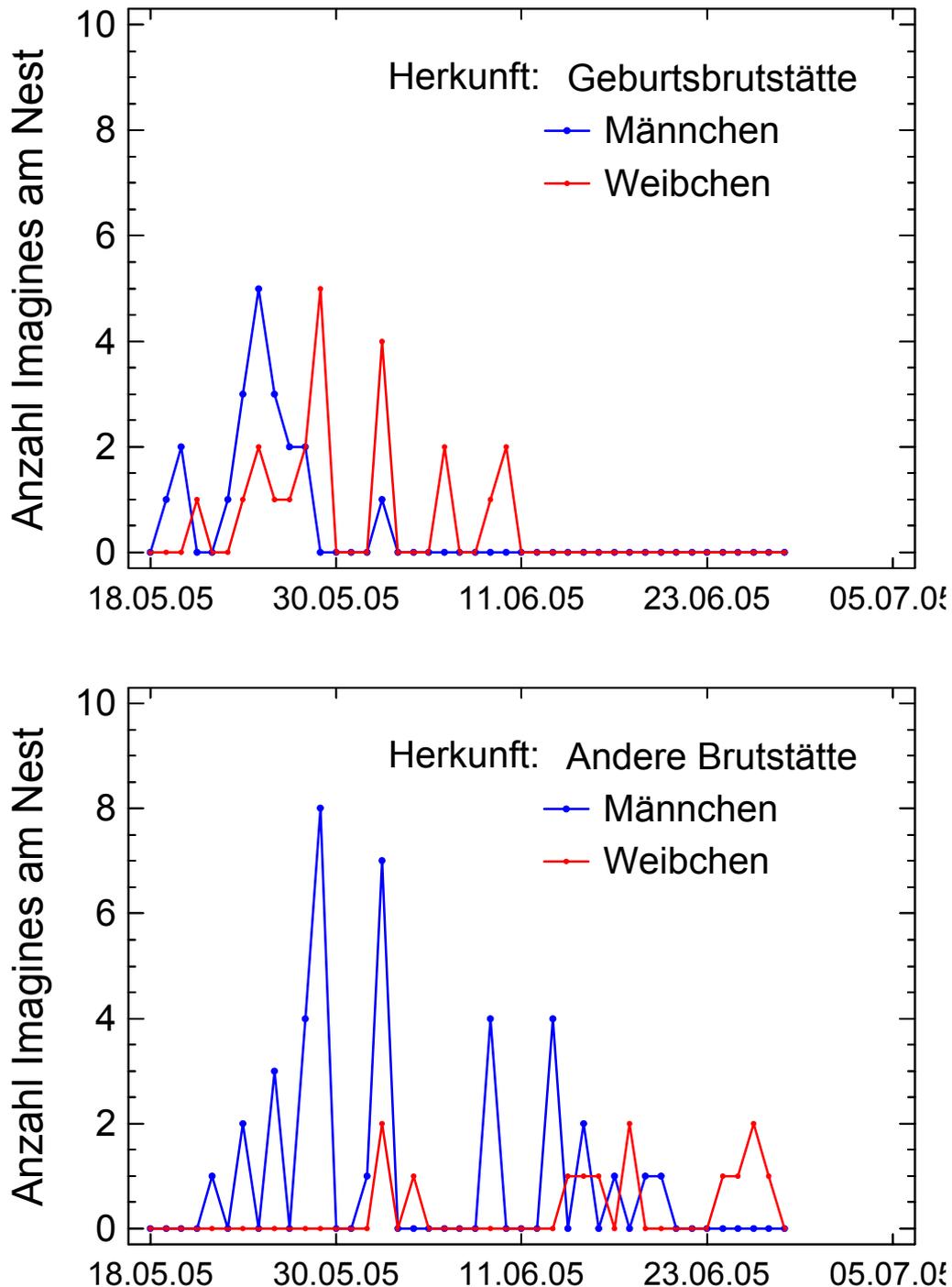


Abb. 6.3: Gruppenzusammensetzung der Imagines an drei Brutstätten (B1, B2 und B7) im Jahr 2005 (A) Tiere aus der Geburtsbrutstätte; (B) Tiere, die von anderen Brutstätten zugeflogen waren.

Zwei dieser Weibchen verpaarten sich noch an der Geburtsbrutstätte (9,5 % aller beobachteten Weibchen), eines verließ danach die Brutstätte, das andere grub sich dort ein. Die übrigen zehn Imagines verließen die Brutstätte dann mit einigen Tagen Verzögerung. Zwei Männchen kehrten nach Tagen zur Geburtsbrutstätte zurück (11,8 % aller beobachteten Männchen).

Weibchen (n = 15), die aus anderen Brutstätten geschlüpft waren, gruben sich zur Eiablage in die beobachtete Brutstätte ein und blieben über lange Zeiträume in der Brutstätte. Sie kamen meist nicht mehr an die Oberfläche, sondern verblieben dort (n = 9, d.h. 60% der beobachteten Weibchen) oder wurden sterbend vor dem Bruthabitat gefunden (n = 1, d.h. 10%). Die meisten Männchen (n = 47), die aus anderen Brutstätten stammten, verließen nach einiger Zeit wieder die Brutstätte (n = 44; d.h. 93,6%), einzelne blieben jedoch bis zu 6 Tage an der Brutstätte und versteckten sich auch darin. Die Mediane der Aufenthaltsdauer unterschieden sich signifikant zwischen den Geschlechtern (Mann-Whitney u-Test: P = 0,0003) und betrug ein Tag bei den Männchen und vier Tage bei den Weibchen.

Mehrjährige Brutstättenutzung. Die Brutstätten wurden in einem Jahr von mehreren Weibchen und auch über mehrere Jahre hinweg zur Eiablage genutzt. Diese Beobachtung wurde an der Brutstätte B1 im Jahre 2004 und 2005 gemacht, in die sich die weiblichen Käfer J 04 und Y 05 eingruben. Die Brutstätte wurde bereits seit 2003 von Imagines verlassen. An der Brutstätte B2 wurde bereits im Jahr 2003 ein Weibchen (X 05) unmittelbar nach dem Verlassen des Bruthabitates im Juli (nach der Eiablage) gefunden. Im Jahre 2005 wurde das gleiche Bruthabitat von den weiblichen Käfern K4 05, G4 05, D3 05 und E5 05 zur Eiablage aufgesucht. Seit 2004 schlüpfen Imagines aus dieser Brutstätte. Eine Grabung an dieser Brutstätte wies das Vorhandensein von verschiedenen Larvalstadien nach (Details in Kapitel 8).

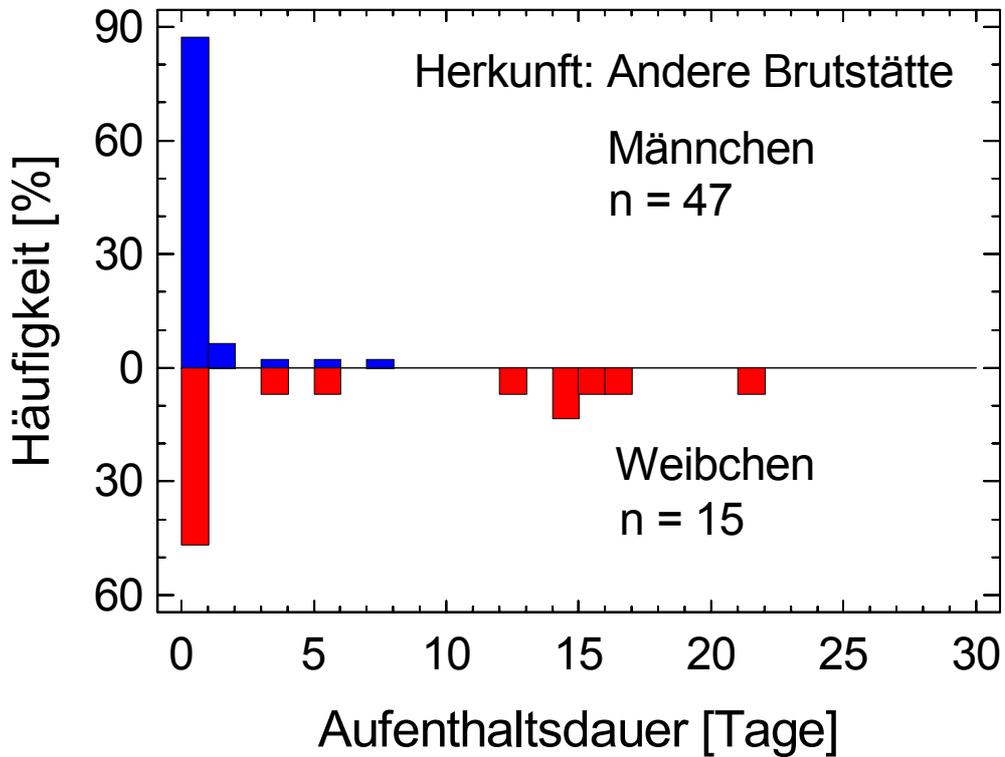
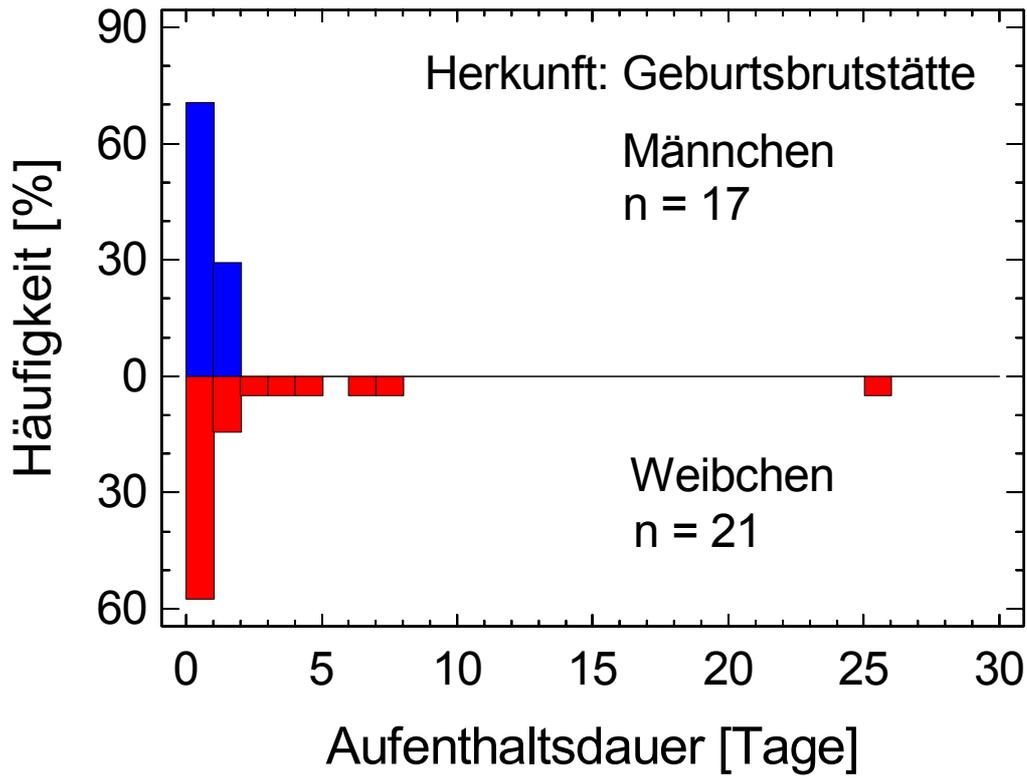


Abb. 6.4 Aufenthaltsdauer 100 beobachteter Käfer an den Brutstätten 1, 2, 7 in den Jahren 2003-2005.

6.3.3 Flug- und Laufbewegungen von der Brutstätte

Lokomotorische Aktivität. Die Männchen und Weibchen entfernten sich von den Brutstätten zunächst durch Flug. Lediglich bei den Weibchen schlossen sich nach den Flügen auch nennenswerte Laufstrecken an. Die täglichen Strecken (Luftliniendistanzen), die von 23 telemetrierten Tieren zurückgelegt wurden, nahmen bei den Weibchen nach dem Verlassen der Brutstätte signifikant ab (Kruskall-Wallis Test, $P = 0,0049$), bei den Männchen nicht (Kruskall-Wallis Test, $P > 0,05$). Die maximale Tagesleistung betrug 1720 m bei den Männchen ($n = 11$) und 763 m bei den Weibchen ($n = 12$, Abb. 6.7).

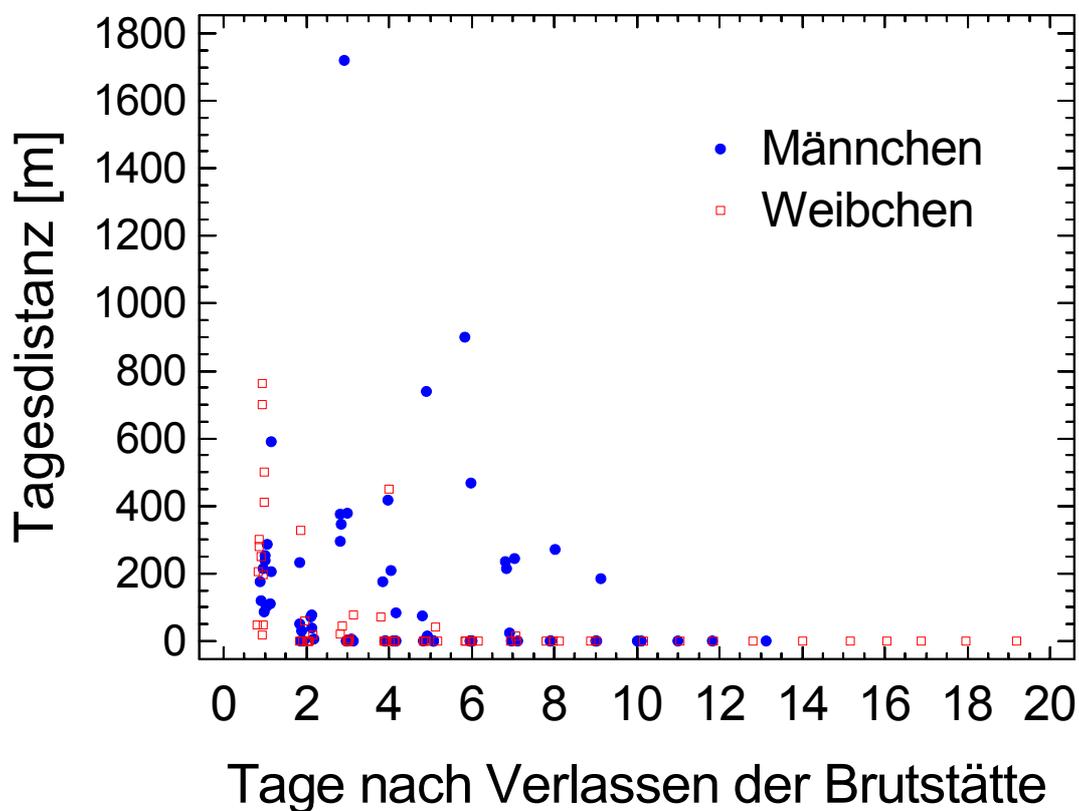


Abb. 6.7: Tägliche lokomotorische Aktivität (Flug + Laufen) von 23 telemetrierten Imagines.

Flugverhalten. Sowohl Männchen als auch Weibchen flogen Bäume (Sträucher), Brutstätten oder einzelne Weibchen über Luftliniendistanzen von mehreren hundert Metern an (Abb. 6.8). Richtungswechsel waren bei Männchen häufiger als bei Weibchen. Bäume und Sträucher dienten als Landepunkte nach einem Flug. Führte der Flug eines Männchens zu einem Bruthabitat, so erfolgte die Landung direkt auf dem Wurzelstock oder in Bereichen von wenigen Metern Entfernung. Entscheidend für die Entfernung schien das Vorhandensein einer erhabenen Landemöglichkeit (Baumstumpf oder Strauch) in unmittelbarer Nähe der Brutstätte zu sein.

Entsprechendes galt für den Anflug der Männchen auf einzelne Weibchen. Die Männchen umschwebten dann ähnlich wie ein Kolibri, der eine Blüte anfliegt, den Aufenthaltsort des Weibchens und landeten in Entfernungen von weniger als einem Meter von ihr.

Weibchen flogen bei ihren Schwärmflügen meist in die Nähe von besiedelten Bruthabitaten oder in Bereiche, in denen entsprechende Strukturen vorhanden waren (Abb. 6.9). Sie landeten im weiteren Umfeld der Brutstätte auf Bäumen oder Sträuchern (Entfernung bis zu 50 m). Im Bereich der Brutstätte B2 war eine Fichte in ca. 20 m Entfernung ein häufig genutzter Anflugspunkt brutstättenfremder Weibchen und Männchen. Weibchen liefen den restlichen Weg bis zur Brutstätte.

Laufverhalten der Weibchen. Das Zulaufen auf die Brutstätte wurde in 7 Fällen beobachtet. Die Weibchen näherten sich in Spiralläufen dem Brutstättenbereich (Abb. 6.10). In unmittelbare Nähe eines geeigneten Stocks (= Brutstätte) gruben sie sich ein. Die weiteste Entfernung zum Stock betrug einen Meter, meistens erfolgte das Eingraben jedoch am Stock selbst.

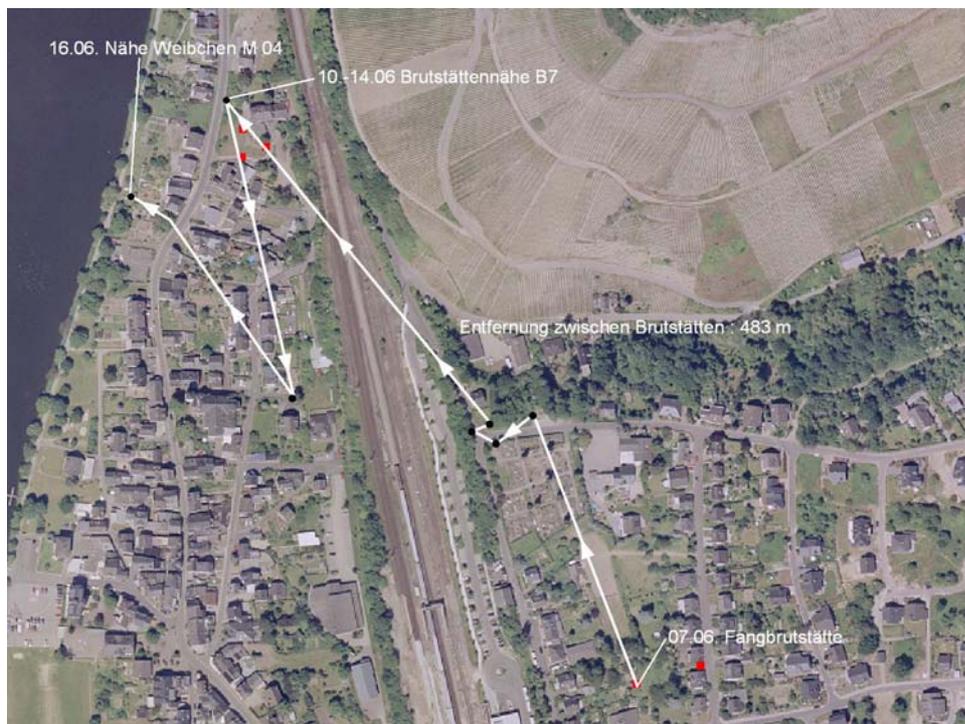


Abb. 6.8: Flugverhalten des Männchens F 04 nach Verlassen der Schlupfbrutstätte. Zeichenerklärung: rote Punkte: Brutstätten, schwarze Punkte: Aufenthaltspunkte F04, weiße Linien: Luftliniendistanzen zwischen Start- und Endpunkt einer Tagesbewegung.



Abb. 6.9: Flug- und Laufverhalten des Weibchen B3 05 nach Verlassen der Schlupfbrutstätte. Zeichenerklärung: rote Punkte: Brutstätten; schwarze Punkte: Rastpunkte, weiße Linien: Luftliniendistanzen zwischen Start- und Endpunkt einer Tagesbewegung.

**Käferweibchen Y4 05
28.06.2005**

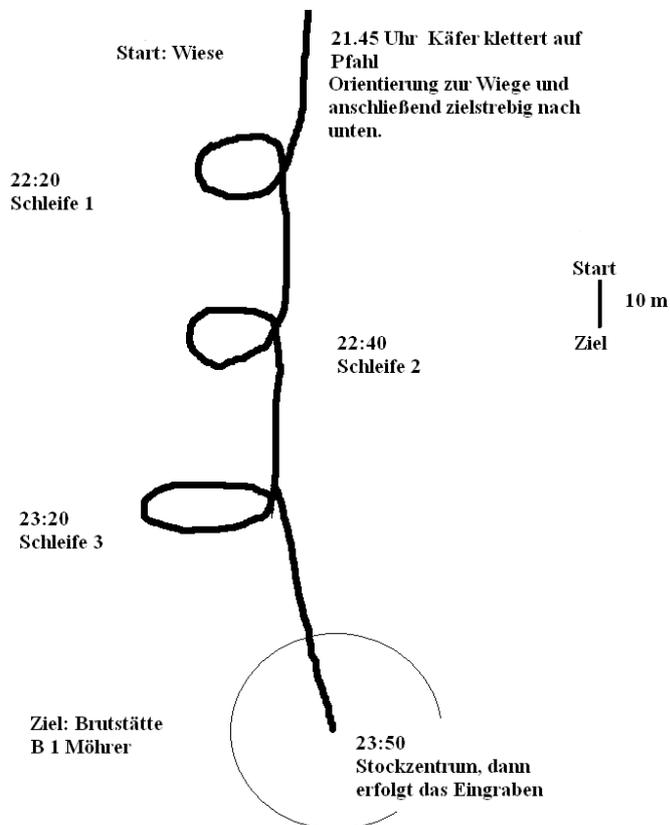


Abb. 6.10: Laufverhalten des Weibchens Y4 05 in der Nähe einer Brutstätte.

Flugziele. Sieben beobachtete (Telemetrie/Markierung) Käfer bewegten sich erkennbar zwischen bereits besiedelten Brutstätten, aus denen im selben Jahr schon Imagines geschlüpft waren. Neben diesen seit langem besiedelten Brutstätten wurden in Entfernungen von 10-50 m drei weitere, jüngere Brutstätten (B1, B4, B7) gefunden, aus denen noch keine geschlüpften Imagines bekannt waren. Drei Käfer flogen jedoch über größere Distanzen (1000 - 2000 m) in Gebiete, die außerhalb der bis dahin bekannten Aktivitätsbereiche der Käfer lagen.

6.3.4 Geschlechterfindung und Paarung

Geschlechterfindung an der Brutstätte. Sechs Männchen (12,7 % aller Männchen an der Brutstätte) anderer Brutstätten flogen überwachte Brutstätten an, in denen sich schlupfbereite Weibchen befanden und zwar vor dem ersten Schlüpfen eines Weibchens. Die Männchen hielten sich dann in Bäumen und Sträuchern in Entfernungen von wenigen Metern auf, um die Weibchen direkt nach dem Schlüpfen anfliegen zu können (Abb. 6.11). Wenn Weibchen schlüpften, waren sofort fremde Männchen zugegen, die Paarungsverhalten zeigten. Die Weibchen versuchten hingegen, die Brutstätte in der Regel fliegend zu verlassen und so Paarungen an der Geburtsbrutstätte zu vermeiden. Rivalenkämpfe zwischen den Männchen ermöglichten den Weibchen oft ein einfaches Entkommen. Auch zwei Männchen (11,7 %) kamen später zur Paarung an ihre Schlupfbrutstätte zurück. Wenn das letzte Weibchen geschlüpft war, wurde diese Brutstätte nicht mehr von Männchen aufgesucht.

Paarungsorte und Paarungsverhalten. Im unmittelbaren Brutstättenbereich wurden vier Paarungen (40 % aller beobachteten Paarungen) beobachtet. Weitere drei wurden in der näheren Umgebung beobachtet. Mittels Telemetrie und teilweise zufällig wurde beobachtet, dass wegfliegende Weibchen bereits beim Flug von Männchen verfolgt wurden. Die Weibchen flogen nach Verlassen ihrer Schlupfbrutstätte meist Bäume oder Sträucher an, blieben dort mehrere Tage und legten gelegentlich Saftmale an (n = 9, d.h. 90% aller telemetrierten Erstflüge von der Brutstätte). Diese Bäume wurden auch von Männchen angefliegen. Dort kam es zu Rivalenkämpfen. Die Weibchen warteten jetzt diese Rivalenkämpfe ab, ohne Fluchtverhalten zu zeigen. In solchen Bäumen/Sträuchern erfolgte die Paarung, wie drei Einzelbeobachtungen zeigten. Bei fünf beobachteten Rivalenkämpfen verfolgten sich die Männchen gegenseitig und es kam zu Abstürzen. Das Weibchen musste

dann erneut gesucht werden. Kleinere Männchen waren in den Kämpfen stets die unterlegenen bzw. wichen zurück. Unterlegene Männchen verweilten meist in Entfernungen von bis zu einem Meter. Bei Misserfolgen, vor allem wenn es zur räumlichen Trennung der Partner kam, näherten sich unterlegene Männchen wieder an. Sowohl an der Brutstätte als auch im Baum wurde beobachtet, dass Weibchen aktiv zu Männchen liefen und damit die Paarung einleiteten. Die Männchen versuchten, das Weibchen mit ihren Mandibeln zu greifen und hielten es dann fest. Beobachtete Paarungen dauerten von wenigen Minuten bis hin zu einer Stunde.

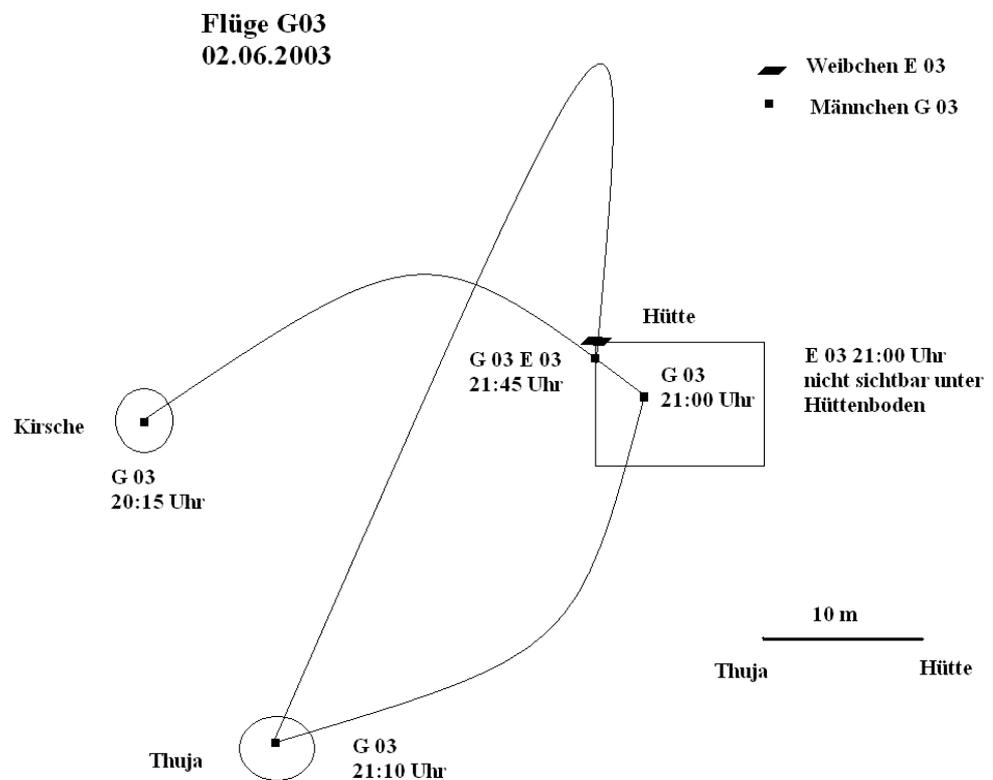


Abb. 6.11: Beispiel für Anflug eines Männchens (G 03) auf ein Weibchen (E 03)

6.4 Diskussion

Die Reproduktionsbiologie der untersuchten Hirschkäfer-Population konnte anhand der gewählten Methoden quantitativ in ihren wesentlichen Grundzügen dargestellt werden. Brutstättenmonitoring und Telemetrie waren zwar äußerst zeit- und personalintensive Verfahren, die aber die Kausalabfolge der einzelnen Verhaltenskomponenten im natürlichen Lebensraum klärten. Die methodenbedingten

Störungen beeinflussten das Verhalten nur kurzzeitig, gänzlich auszuschließen sind Beeinflussungen, insbesondere durch die Sender allerdings nicht. Einzelaspekte der Reproduktionsbiologie wie Reproduktionsstrategien, Geschlechterfindung, Brutstättencharakteristika und Elterninvestment werden im folgenden im Kontext mit anderen Untersuchungen diskutiert.

Geschlechtsspezifische Reproduktionsstrategien. Der Brutstätte kommt im Fortpflanzungsverhalten der Hirschkäfer eine Schlüsselfunktion zu. Geschlechtsspezifisch unterschiedliche Schlupftermine, aber auch ihre Variabilität innerhalb eines Geschlechts und das überwiegende Bestreben beider Geschlechter, die jeweilige Brutstätte nach dem Schlüpfen zu verlassen, sorgen für ein weites Zeitfenster bei der Geschlechterfindung, wie diese Untersuchung zeigte. Dies wird auch für den Eichenheldbock (*Cerambyx cerdo*) angegeben (Döring 1935, Schartner 1994). Der Schlupftermin der männlichen Hirschkäfer wurde deutlich weniger vom Wetter beeinflusst als derjenige der Weibchen, was auf eine stärkere genetische Determination bei diesem Geschlecht hinweist. Da ortsfremde Männchen bereits vor dem Schlüpfen der ersten Weibchen an die Brutstätten angelockt wurden und diese Lockwirkung bis zum Schlüpfen des letzten Weibchens anhielt, findet bereits an der Brutstätte eine Durchmischung des lokalen Genpools statt. Alternativ zur Paarung mit Ortsfremden können sich Weibchen auch mit Männchen der eigenen Brutstätte an ihrem Schlupfort verpaaren. Somit besteht an der Schlupfbrutstätte Konkurrenz zwischen lokalen und ortsfremden Männchen um die Kopulation (Alcock 1996). Die Männchenstrategie kann darin bestehen, zunächst eine Kopulation am eigenen Bruthabitat zu versuchen und anschließend entweder andere Brutstätten anzufliegen oder dort zu verbleiben und auf weitere schlüpfende Weibchen zu warten. Die Wartetaktik beinhaltet, dass nur wenige befruchtungsfähige Weibchen, nämlich die lokalen, erreicht werden können, der Fortpflanzungserfolg ist also fast immer geringer als bei Dispersionstaktik. Außerdem könnten Weibchen aus der Geburtsbrutstätte des Männchen nahe Verwandte sein, so dass Inzuchtdepression die Überlebensfähigkeit des Nachwuchses reduziert. Allerdings sind diese Kosten als eher gering einzuschätzen, da individuell unterschiedliche Entwicklungszeiten sowie durch das Ablegen mehrerer Weibchen im gleichen Bruthabitat die Variabilität des Verwandtschaftsgrades erhöht wird. Welche Taktik den Fortpflanzungserfolg optimiert, könnte somit von der Kondition des Männchens abhängen, d.h. von seiner Fähigkeit, Energie für Flüge zu investieren und damit mehr kopulationsbereite

Weibchen zu erreichen. Bei der vorhandenen Variabilität der Körperlänge (Harvey & Grange 2003; diese Untersuchung) wäre also zu erwarten, dass kleinere und schwächere Käfer Konkurrenz und Energieinvestment durch die Wartetaktik minimieren, während kräftigere Käfer die Dispersionstaktik wählen. Diese Hypothese wurde jedoch nicht durch die an 18 telemetrierten männlichen Imagines gewonnenen Daten gestützt, denn die Flugaktivität war unabhängig von der Körperlänge, Masse und Kondition der Tiere. Im unmittelbaren Paarungsgeschehen um ein Weibchen zeigten im Rivalenkampf unterlegene Männchen allerdings eine abwartende Haltung, in dem sie sich weiter in der Nähe des Paarungsgeschehens aufhielten und auf eine Chance durch eine mögliche Störung durch Absturz oder weitere Rivalen warteten. Eine neuere Untersuchung aus England zeigt ebenfalls, dass nicht die absolute Körpergröße des Männchens entscheidend für den Paarungserfolg ist, sondern das Verhältnis zwischen Männchen- und Weibchengröße (Harvey & Grange 2006). Nach dieser Untersuchung sind sehr große Männchen sogar im Nachteil bei der Paarung. Hierfür spricht auch eine Untersuchung beim Japanischen Hirschkäfer *Prosopocilus inclinatus*, bei dem kleinere Männchen eine erfolgreichere Paarungstaktik gegenüber dem häufigen Abwehrverhalten des Weibchens zeigen. Sie nutzen die sich wegen ihrer Körpergröße möglicherweise seltener gegebene Gelegenheit der Paarung mit größerer Sicherheit aus (Okada 2005). Auch für den Dungkäfer *Onthophagus acuminatus* ist bekannt, dass gehörnte und ungehörnte Männchen unterschiedliche Strategien anwenden (Emlen 1997). Während gehörnte Männchen den Zugang zur Röhre ihres Weibchens bewachen und mit gehörnten Rivalen umkämpfen, meiden ungehörnte den Kampf und umgehen mittels eines eigenen Ganges das bewachende Männchen und können so unbemerkt zum Weibchen und damit zum Paarungserfolg gelangen.

Die Tendenz der Weibchen, nach dem Schlüpfen die Geburtsbrutstätte umgehend, d.h. ohne vorherige Kopulation zu verlassen, kann als Strategie zur Vermeidung von Paarungen mit nahen Verwandten interpretiert werden, also zur Minimierung negativer Inzuchteffekte auf die Fitness der Nachkommen. Jedoch stellt die Paarung im Geburtsbrutstättenbereich für das Weibchen dann eine Alternative dar, wenn anhaltend schlechte Witterung den Schwärmflug verhindert. Da Männchen auch bei niedrigen Temperaturen flugfreudiger sind, erreichen sie auch bei solchen Bedingungen fremde Brutstätten (vergleiche Kapitel 3). Primäres Ziel der Weibchen beim Schwärmflug war die Nähe besiedelter Brutstätten, um dort zu kopulieren und

anschließend diese Brutstätten zur Eiablage aufzusuchen. Die weibliche Dispersionstaktik trägt wie die der Männchen zur Aufrechterhaltung der Kohäsion des Genpools benachbarter Brutstätten bei, wobei gleichzeitig vermieden wird, dass sich nahverwandte Tiere lokal konzentrieren. Diese Hypothese sollte in zukünftigen genetischen Untersuchungen der Hirschkäfer einer Brutstätte getestet werden.

Geschlechterfindung. Offen bleibt die Frage, wie die beiden Geschlechter zu der meist dezentralen Kopulation zusammenfinden. Bislang herrscht die Meinung vor, dass Weibchen in Verbindung mit Saftmalen (Verletzung von Bäumen durch Weibchen zur Nahrungsaufnahme) lockende Wirkung auf Männchen besitzen. Tochtermann (1992) nennt Eichensaft als Nahrung und Anlockungsfaktor für Hirschkäfer. Jacobs und Renner (1974) geben Kot, der bei der Nahrungsaufnahme ausgeschieden wird, als Lockstoff an. Pheromone werden vermutet, sind aber noch nicht nachgewiesen (Klausnitzer 1995, Sprecher-Uebersax 2001). Ein ähnlicher Mechanismus wurde beim Maikäfer (*Melontha melontha*) beschrieben, bei dem sich die Anlockung über entstehende Phenole bei der Nahrungsaufnahme und die Anlockung des Männchens über Pheromone ergänzt (Ruther et al. 2002).

Die hier präsentierten Ergebnisse sind mit dieser klassischen Vorstellung nicht kompatibel. Die Anlockung erfolgt zunächst zur Brutstätte (= Schlupfort von Weibchen), völlig unabhängig von vorheriger Nahrungsaufnahme der Imagines oder Eichensaft, da sich die Weibchen noch im Totholz befinden. Erst in der zweiten Lockphase am Baum, wo die meisten Kopulationen stattfinden, könnten Saftmale eine Rolle spielen. Ähnliches wird für den Heldbock beschrieben, der zunächst kein Interesse an Saftaufnahme hatte und erst nach Abbau der eigenen Fettpolster Nahrung aufnimmt (Neumann 1997). Beim Hirschkäfer kann allerdings von Präferenz für Eichen als Kopulationsorte keine Rede sein. Kirsche, Pappel, Linde sind neben der Eiche ebenso Ziele dieses Schwärmfluges. Paarungsaktivitäten wurden auch in Fichte und Hemlockstanne beobachtet. Die Anlage der Saftmale war keine Voraussetzung für eine Anlockung. Anlocken ließen sich Hirschkäfermännchen dagegen mit überreifen Kirschen (Krenn et.al. 2002), was in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden konnte. Insgesamt ist die Bedeutung von Saftmalen, also Lockung durch und zur Nahrung eher von untergeordneter Bedeutung, da zum Zeitpunkt der ersten Hirschkäferflüge keine reifen Kirschen im Untersuchungsgebiet vorhanden waren und natürliche Saftstellen an Bäumen noch nicht sehr ergiebig sind.

Brutstättencharakteristika. Wenn auch eine einzelne Brutstätte sicher nicht das räumliche Äquivalent einer Population darstellt, sondern die Gesamtheit aller durch Schwärmflüge interagierenden Brutstätten, so kommt der einzelnen Brutstätte doch eine über viele Jahre hinweg gehende Bedeutung für eine Population zu. Für eine langfristige Nutzung ist ein großes Volumen an zerfallendem Holz notwendig. Dies erklärt, dass als Bruthabitate genutzte Stöcke einen Mindestdurchmesser besitzen, der nicht unterschritten wird (Tochtermann 1992). Die Nutzungsdauer eines Bruthabitates hängt aber nicht nur von der Dimension des Stockes ab, sondern auch von der Zersetzungsgeschwindigkeit des Holzes, die sich zwischen den Baumarten unterscheidet. Bruthabitate in Eichen- oder Kirschenstöcken sind wahrscheinlich länger nutzbar als solche in Weidenstöcken gleicher Dimension. Dennoch zeigt das Fehlen einer Präferenz für Stöcke von Hartholzarten (vergleiche Kapitel 8), dass die Wahl des Brutstockes beim Hirschkäfer eher opportunistisch einzuschätzen ist und deutlich von der Dimension des Stockes dominiert wird.

Die Wahl der Brutstätte erfolgt exklusiv durch das Weibchen und wird auch nicht durch den Ort der Kopulation determiniert. Die unmittelbare Eingrabetelle am vermodernden Baumstock sucht sie laufend auf, wobei die oberirdische Suche eine hohe Laufaktivität erfordert, um Fehlversuche an ungeeigneten Eiablagestellen zu vermeiden. Die befruchteten Weibchen diskriminieren nicht zwischen bereits besiedelten und neuen Brutstätten.

Im Fortpflanzungsverhalten anderer Käferarten kommen dem Bruthabitat sehr unterschiedliche Bedeutungen zu. Beim Buchdrucker (*Ips typographus*) spielt das Bruthabitat Baum lediglich für einen kurzen Zeitraum von sechs Wochen eine Rolle für Geschlechterfindung, Paarung und Entwicklung der neuen Generation und wird für die Fortpflanzung der nachfolgenden Generationen durch das Absterben des Baumes unbrauchbar. Jede Generation muss sich somit neue Bruthabitate suchen. Dies gilt auch für den Totengräber (*Necrophorus vespilloides*). Die Geschlechter finden sich direkt am Bruthabitat, einer Tierleiche. Mit der Paarung und Entwicklung der Folgegeneration wird aber eben dieses Bruthabitat zerstört und hat für die Folgegeneration keine Bedeutung mehr (Marti 1980). Der Heldbockkäfer (*Cerambyx cerdo*) zeigt dagegen Parallelen zu *Lucanus cervus* auf. Eichenbäume können über Jahrzehnte Entwicklungsraum und gleichzeitig Treffpunkt der Geschlechter sein. Anders als beim Hirschkäfer ist hier die Paarung am Brutbaum die Regel (Neumann 1997).

Elterninvestment und Eiablagehäufigkeit. Das Elterninvestment des männlichen Hirschkäfers beschränkt sich wie bei den meisten Käferarten auf die Bereitstellung von Spermien für die Kopulation. Das Weibchen hingegen stellt nicht nur die Energiereserven (Dotter) für den Nachwuchs zur Verfügung, sondern bestimmt den Entwicklungserfolg der Eier durch die Auswahl der Brutstätte. Die geringe Anzahl (20 bis 28 Eier, Tochtermann 1992, Sprecher-Uebersax 2001, eigene Beobachtungen) und die Größe der befruchteten Eier, die ein Hirschkäferweibchen ablegt, sprechen für eine hohe Investition in jeden einzelnen Nachkommen, um seine Überlebensfähigkeit bis zum Zeitpunkt eigenständiger Nahrungsaufnahme zu optimieren. Das Weibchen sorgt durch seine Auswahl des Eiablageortes für Humusgehalt, Wärmeversorgung und Feuchtigkeitsverhältnisse und dies in einer vor Fraßfeinden relativ gut geschützten Tiefe (vergleiche Kapitel 8). *Cerambyx cerdo* dagegen legt seine Eier in Rindenspalten am Baumstamm ab und setzt damit die jungen Larven der Gefahr des Vogelfraßes (Spechtarten) aus und den erhöhten Risiken von widrigen Witterungsbedingungen in der Zeit nach der Eiablage (Neumann 1997). Diese Risikostrategie wird kompensiert durch die hohe Anzahl der abgelegten Eier (> 100; Neumann 1997).

Geringer reproduktiver Output verbunden mit hohem Aufwand für die Suche nach einem geeigneten Eiablageplatz lässt es als unwahrscheinlich erscheinen, dass ein Weibchen nach erfolgter Eiablage noch genügend Energiereserven besitzt, um in einen weiteren Fortpflanzungszyklus einzutreten. Zudem verblieben die meisten telemetrierten Weibchen in der Brutstätte, und diejenigen, die sie wieder verließen, starben wenig später ohne andere Brutstätten aufzusuchen. Dies widerlegt zu mindestens für die untersuchte Population die von Tochtermann (1992) vertretene Ansicht, dass 50% der Weibchen einen zweiten Ovipositionszyklus durchführen und 5 % einen dritten Zyklus vollziehen.

6.5 Literatur

Alcock, J. (1996): Das Verhalten der Tiere aus evolutionsbiologischer Sicht. Fischer Verlag, Stuttgart : 295-331

Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1996): Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell. : 94 f

Bellmann, H. (1999): Der neue Kosmos-Insektenführer. Franckh-Kosmos Verlag Stuttgart :50

- Döhring, E. (1955):** Zur Biologie des Großen Eichenbockkäfers (*Cerambyx cerdo* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsbewegungen im Areal. Zeitschrift für angewandte Zoologie 42: 251-373.
- Emeln, D.J. (1997):** Alternative reproductive tactics and male-dimorphism in the horned beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera Scarabaeidae). Behav. Ecol. Sociobiol. 41: 335-341.
- Harvey, D. J. & Gange, A. C. (2003):** Presentation on size variation in the stag beetle. Proceedings of the second pan-European conference on Saproxyllic Beetles. London, People's Trust for Endangered Species.
- Harvey, D. J. & Gange, A. C. (2006):** Size variation and mating success in the stag beetle, *Lucanus cervus*. Physiological Entomology, online early. doi: 10.1111/j.1365-3032.2006.00509.x
- Horion, A. (1949):** Käferkunde für Naturfreunde. Frankfurt/Main
- Jacobs, W. & Renner, (1998):** Biologie und Ökologie der Insekten. Fischer Verlag;
- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Krenn, H., Pernstich, A., Messner, T., Hannappel, U. & Paulus, H. (2002):** Kirschen als Nahrung des männlichen Hirschkäfers *Lucanus cervus*. Entomologische Zeitschrift 112 (6): 165-170.
- Marti, T. (1980):** Zur Fortpflanzungsbiologie des Totengräbers *Necrophorus vespilloides*. unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Bern.
- Neumann, V (1997):** Der Heldbockkäfer (*Cerambyx cerdo*). Alexander Antonow Verlag Frankfurt am Main
- Okada, Y. (2005):** Size-dependent precopulatory behavior as mate securing tactic in the Japanese stag beetle, *Prosopocoilus inclinatus* (Coleoptera, Lucanidae). Japan Ethological Society, online early doi 10.1007/s10164-004-0134-2
- Ruther, J., Reinecke, A., Tolasch, T., Hilke, M. (2002):** Phenol - Another Cockchafer Attractant by *Melolontha hippocastani* Fabr. and *M. melolontha*. Zeitschrift für Naturforschung (2002) 57c: 910-913.
- Schartner, S. (1994):** Umsiedlung des Heldbock-Käfers (*Cerambyx cerdo* L.) von dem ehemaligem Battelle-Gelände in den Schwanheimer Wald. – unveröffentlicht, in: Neumann, V.(1997).

Sprecher-Uebersax, E. & Durrer, H. (2001): Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus* L. mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung. Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft beider Basel 5: 161-182.

Tippmann, F. (1954): Neues vom Leben des Hirschkäfers. Ent. Bl. 50: 175-183.

Tochtermann, E. (1987): Modell zur Artenerhaltung der Lucanidae. Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.

Tochtermann, E. (1992): Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 6: 308-311.

7. Habitatpräferenzen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) in der Kulturlandschaft – eine methodenkritische Analyse

Zusammenfassung

Am Beispiel des Hirschkäfers *Lucanus cervus* wird eine Evaluation der Stärken und Schwächen von aktivem Monitoring gegenüber Fundortanalysen zur Bestimmung seiner Habitatpräferenzen im Moseltal durchgeführt. Radiotelemetrie erwies sich als ein aufwändiges, aber objektives Verfahren zur Ermittlung der Habitatnutzung adulter Hirschkäfer, während die Analyse von Fundortmeldungen ein teilweise verzerrtes Bild ergab, da die Bedeutung von Habitaten mit hoher menschlicher Präsenz methodenbedingt überschätzt wird. Telemetrierte Hirschkäfer haben im Untersuchungsgebiet ihre Schwerpunkte im urbanen, landwirtschaftlich genutzten Bereich. Männchen und Weibchen zeigen unterschiedliche Mikrohabitatpräferenzen in Bezug auf die Vertikalverteilung und die Totholzaffinität.

Publikation: Entomologische Zeitschrift ISSN 0013-8843 Band 116 (5) Oktober 2006 (im Druck).

7.1 Einleitung

Zur Quantifizierung von Habitatpräferenzen sind prinzipiell zwei Ansätze möglich, die aktive Verfolgung von Einzeltieren mit regelmäßiger Feststellung der Aufenthaltsorte und die passive, systematische Suche in einem abgegrenzten Gebiet nach Tieren der Zielart. Bei Käfern kann die aktive Methode (Harmonischer Radar, Radiotelemetrie) bislang nur bei Imagines von größeren Arten angewandt werden, da die Tiere individuell mit Sende- oder Reflektionseinrichtungen ausgerüstet werden müssen (Kenward 1987, Riley & Smith 2002). Beim Lederlaufkäfer *Carabus coriaceus*, der sich ausschließlich laufend fortbewegt, wurde bereits ein radiotelemetrisches Monitoring durchgeführt (Riecken & Rieth 1992, Riecken & Raths 1996). Bei flugfähigen Käfern wie *Osmoderma ermita* (Hedin & Ranius 2002), *Scapanes australis australis*, *Boisduval 1832* (Beaudoin-Ollivier *et al.* 2003) und *Lucanus cervus* (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001) liegen ebenfalls erste Erfahrungen vor. Der Vorteil dieser Methode ist die gezielte Erfassung der Präferenzen von freibeweglichen Tieren, der Nachteil die begrenzte Anzahl von erfassbaren Arten, Lebensstadien und Individuen.

Beschränkungen der genannten Art fallen zwar bei der passiven systematischen Suche in einem Untersuchungsgebiet weg, allerdings ist der notwendige Personalaufwand sehr groß und es bleibt unklar, ob wirklich alle genutzten Habitate in einem mehr oder minder willkürlich ausgewählten Untersuchungsgebiet vertreten sind. Daher werden die Habitatansprüche vieler Arten eher über die Auswertung von Fundortmeldungen abgeleitet. Dieses Verfahren wurde beispielsweise für die auffälligen Großkäfer *Lucanus cervus* (Smith 2003) und *Oryctes nasicornis* (Telnov 2001) angewandt. Wie Smith (2003) kritisch zu dieser Methode anmerkt, hängen die so abgeleiteten Habitatpräferenzen stark von der menschlichen Präsenz, der Überschaubarkeit der jeweiligen Gebiete sowie der Zuordnungsgenauigkeit zum jeweiligen Mikrohabitat ab. Unter Umständen kann es so zur Überschätzung der Bedeutung bestimmter Habitate für eine Art kommen, während andere wichtige Habitate übersehen werden.

Der Hirschkäfer *Lucanus cervus* erlaubt eine vergleichende Evaluation der Stärken und Schwächen von aktivem Monitoring gegenüber Fundortanalysen zur Bestimmung seiner Habitatpräferenzen. Radiotelemetrische Befunde an 8 Imagines einer schweizer Population ergaben erste qualitative Ergebnisse zur aktiven Habitatwahl (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001). Andererseits liegt eine umfangreiche quantitative Beschreibung der Habitatpräferenzen von mehr als 3000 Fundortmeldungen aus England vor (Smith 2003). Die Befunde und Schlussfolgerungen beider Untersuchungen unterscheiden sich in wesentlichen Aspekten, speziell in der Nutzung urbaner Lebensräume, wobei bisher nicht klar ist, ob diese Unterschiede methodenbedingt sind oder Unterschiede zwischen den geographisch weit voneinander entfernten Populationen widerspiegeln. Speziell im Hinblick auf Artenschutzaspekte erscheint eine Klärung dieser augenscheinlichen Widersprüche dringend notwendig. Zwar sind bei geschützten Arten wie *Lucanus cervus* auch deren Entwicklungsstadien und Lebensräume geschützt, aber dies setzt zuverlässige Kenntnisse über die Habitatpräferenzen der adulten Käfer voraus, die zunehmend in urbanen Gebieten aufzutreten scheinen (Roer 1980, Tochtermann 1987, Smith 2003).

In dieser Untersuchung wurden erstmals beide Methoden im gleichen kleinräumigen Gebiet angewandt, um lokale und klimatische Unterschiede als Variationsursache ausschließen zu können. Fundortmeldungen zwischen 2000 und 2005 werden telemetrisch ermittelten Fundorten zwischen 2003 und 2005

gegenübergestellt. Ziele dieser Untersuchung sind, die Habitatpräferenzen telemetrierter Hirschkäfer mit den aus Fundortmeldungen abgeleiteten quantitativ zu vergleichen, methoden-unabhängige Habitatpräferenzen abzuleiten und eventuelle geschlechtsspezifische Unterschiede zu erfassen.

7.2 Material und Methoden

7.2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Gemarkungen der Gemeinden Bullay und Alf, Kreis Cochem-Zell, Rheinland-Pfalz (Details in Kapitel 2). Es wird von der Mosel durchflossen, einem Fließgewässer 1. Ordnung. Die Höhenzonierung reicht von 94 bis 398 m ü. NN, das Klima lässt sich als trocken-warmes Weinbauklima charakterisieren. Die Ortschaften liegen an der Mosel umgeben von Weinbergen, Gärten und Resten alter Streuobstwiesen, die in den Bergen und Nordhängen in Traubeneichen-Hainbuchen-Wälder mit unterschiedlichen Anteilen natürlicher und anthropogen eingebrachten Baumarten übergehen (Abb. 7.1). Die bebauten Ortslagen weisen Baum- und Strauchbestände unterschiedlicher Struktur, vom Einzelbaum über Gruppen bis hin zu waldähnlichen Strukturen auf. In den Ortskernen fehlt bei sehr dichter Bauweise eine Baum- und Strauchbepflanzung völlig.



Abb.7.1 Übersicht Untersuchungsgebiet Alf-Bullay (Digitale Luftbildkarte 2002 Forstamt Zell)

7.2.2 Methoden zur Erfassung der Habitatpräferenzen

Telemetrie. In den Jahren 2003 bis 2005 wurden in den Monaten Mai und Juni insgesamt 56 Imagines (18 Männchen; 38 Weibchen) mit Sendern versehen (Masse ca. 350 mg, Maße 12,5 mm x 6,0 mm x 2,6 mm; Antennenlänge: 100 mm; Titley Electronics, Australien; Details in Kapitel 4). Die maximale Reichweite betrug etwa 300 m und die Betriebsdauer lag bei ca. zwölf Tagen. Die Frequenzen lagen bei 150 - 151 MHz. Die Sender wurden auf dem Pronotum befestigt und mit Sekundenkleber auf Cyanacrylatbasis befestigt. Die Ortung der Signale erfolgte mit einem Stabo-XR-100-Scanner ergänzt durch einen Vorverstärker PA 15 (Conrad Electronics), einer Dreielement-Yagi-Antenne und einfachen Teleskop-Stabantennen.

Die Käfer wurden nach der Besenderung wieder an ihrem Fundort ausgesetzt und von diesem Zeitpunkt an im Homing-in-Verfahren drei Mal am Tag aufgesucht. Dabei wurde Sichtkontakt aufgenommen, wenn dies ohne Störung des Tieres möglich war. Die Aufenthaltsorte wurden mittels GPS (Gerät Garmin Geko 101) oder einer Karte mit sehr kleinem Maßstab erfasst und mit ArcView weiter bearbeitet. An jedem Fundorte wurden deskriptive Daten zum Makrohabitat, Mikrohabitat und zur vertikalen Verteilung erhoben.

Fundortmeldungen. Im Rahmen der Kartierung von Hirschkäfervorkommen in den Jahren 2000 - 2005 (Details in Kapitel 3) wurden 285 Fundorte für das Untersuchungsgebiet Alf und Bullay gemeldet. An jedem Fundort wurden deskriptive Daten zum Makrohabitat und zur vertikalen Verteilung erhoben.

7.2.3 Kategorisierung der Habitatpräferenzen

Es wurden fünf Kategorien von Makrohabitaten unterschieden: (1) Brache: verbuschende, ungenutzte Gelände innerhalb und außerhalb der Ortslage. Wesentliches gemeinsames Merkmal ist die aufgegebene menschliche Nutzung. (2) Gartenwiese: Garten und Wiesenstrukturen in den Ortslagen. Dazu zählen auch Friedhof, Moselufer und Grünanlagen. Gemeinsames Merkmal ist die Pflege durch den Menschen. (3) Streuobstwiese: Streuobstwiesen, sofern sie noch eine flächige Ausdehnung haben. Wesentliches Kennzeichen ist eine extensive menschliche Nutzung und das Vorhandensein alter Obstsorten. (4) Wald: Alle Waldstrukturen flächiger Ausdehnung innerhalb und außerhalb der Ortslage. Nicht an die gesetzlichen Definitionen des Waldes geknüpft. Baumgruppen, Kronenschluss und

eine Flächengröße von ca. 100 m² waren Voraussetzung. (5) Künstliche Habitate: Haus- und Straßenbereiche ohne Baumbestand.

Als Mikrohabitate wurden die spezifischen Aufenthaltsorte der Käfer beschrieben. Dazu wurden die Fundorte den Wuchsformen Baum, Strauch oder krautige Pflanze oder dem Boden zugeordnet. Bei den pflanzlichen Wuchsformen wurde jeweils die Art bestimmt. Dem Mikrohabitat Boden wurden Käfer zugeordnet, die ohne eine erkennbare Assoziation zu einer Pflanze an oder unter der Oberfläche angetroffen werden. Soweit erkennbar, wurden spezifische Teile des Fortpflanzungsverhaltens (Locken, Paarung, Eiablage, Versteck) der Weibchen den Mikrohabitaten zugeordnet. Bei der Beschreibung der Mikrohabitate wurde immer festgehalten, ob es eine unmittelbare Assoziation zu Totholz gab. Entscheidend war der Aufenthaltspunkt des Käfers und nicht etwaiges in der Nähe befindliches Totholz.

Die Vertikalskala beschrieb die Lage jedes Fundortes in Bezug zur Erdoberfläche. Es wurden drei Kategorien unterschieden: (1) unter der Erdoberfläche: im Boden, Käfer mit Erde überdeckt. (2) auf der Erdoberfläche: auf Boden, im Laub, im Gras, auf oder unter Stein. (3) oberhalb der Erdoberfläche: im Baum, Strauch, an künstlichen Habitaten oder fliegend.

7.2.4 Statistische Datenanalyse

Zur statistischen Analyse wurden sämtliche Habitatkategorien als natürliche Zahlen (diskrete Variablen) kodiert. Die resultierenden geschlechtsspezifischen Verteilungen wurden mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf signifikante Unterschiede untersucht. Entsprechend wurde beim Vergleich zwischen telemetrischen Daten und Fundortmeldungen verfahren. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgesetzt. Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem Programmpaket Statgraphics Plus, Version 5.0, durchgeführt.

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Telemetrisch ermittelte Habitatpräferenzen

Das Monitoring von 18 männlichen und 38 weiblichen Hirschkäferimagines in den Jahren 2003 bis 2005 ergab insgesamt 1.147 Einzelortungen (Männchen: n = 365; Weibchen n = 782), bei denen die Aufenthaltsorte identifiziert werden konnten. 909 (Männchen: n = 292; Weibchen n = 617) Aufenthaltsorte, also ca. 80%, lagen

innerhalb der urbanen und landwirtschaftlich genutzten Flächen, die übrigen 238 (Männchen: n = 73; Weibchen n = 165) im Wald im Außenbereich. Im Folgenden werden die geschlechtsspezifischen Häufigkeitsverteilungen aufgeschlüsselt nach der Nutzung von Makro- und Mikrohabitatstypen sowie nach der Vertikalposition des Imagos bezüglich der Erdoberfläche.

Makrohabitate. Die von männlichen Imagines aufgesuchten Makrohabitate bestanden vorwiegend aus Arealen mit Baumbestand (Obstbäume und Mischbestände), während offene Areale mit niedriger Vegetation von den weiblichen Imagines bevorzugt wurden (Abb. 7.2). Die geschlechtsspezifische Häufigkeitsverteilung unterschied sich signifikant (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$).

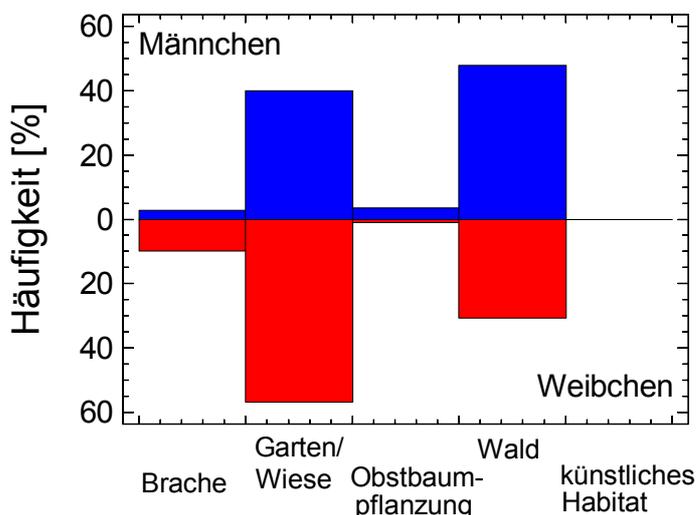


Abbildung 7.2: Geschlechtsspezifische Verteilung der Makrohabitate, die von 18 männlichen und 38 weiblichen telemetrierten Hirschkäfern aufgesucht wurden. Gesamtzahl der Ortungen: n = 363 (Männchen) und n = 779 (Weibchen). Künstliche Habitate sind Häuser und Strassen ohne Vegetation.

Fast 60% der Ortungen der Männchen lagen in den Grenzbereichen zwischen zwei Makrohabitaten, also in Ökotonen (Abb. 7.3). Davon wiederum befanden sich 2/3 der Ortungen an Waldrändern, d.h. im Grenzbereich zwischen Baumbeständen und offener Landschaft ohne Baumbestand mit niedriger Vegetation. Die geschlechtsspezifische Häufigkeitsverteilung der Ökotonnutzung unterschied sich signifikant (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$).

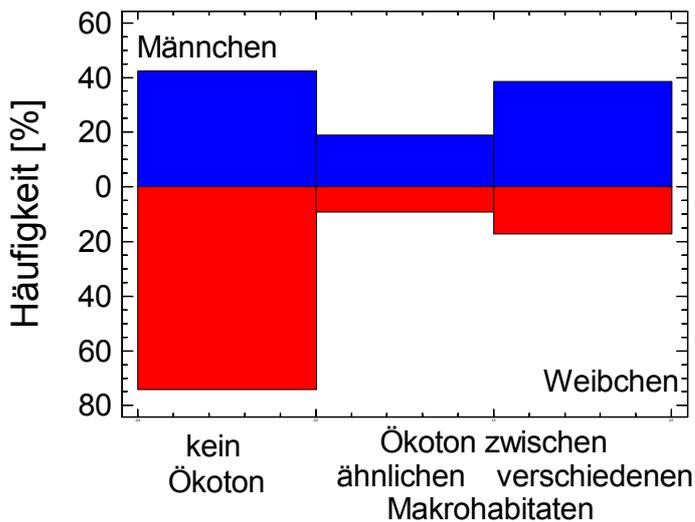


Abbildung 7.3: Aufenthaltsorte von 18 männlichen und 38 weiblichen telemetrierten Hirschkäfern, aufgeschlüsselt nach Innen- (links) und Randbereichen (Ökotone, Mitte, rechts) der Makrohabitats. Gesamtzahl der Ortungen: n = 363 (Männchen) und n = 779 (Weibchen). Als ähnliche Makrohabitats wurden Brache und Garten/Wiese bzw. Obstbaumpflanzung und Wald klassifiziert.

Vertikalverteilung der Aufenthaltsorte. Die Vertikalpositionen der Aufenthaltsorte unterschieden sich signifikant zwischen Männchen und Weibchen (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$). Männchen wurden ausschließlich oberirdisch geortet mit einem deutlichen Schwerpunkt auf erhöhte Strukturen wie Bäume und Sträucher (Abb. 7.4). Weibchen hielten sich häufiger auf dem Boden oder bei der Oviposition auch langfristig unterhalb der Erdoberfläche auf.

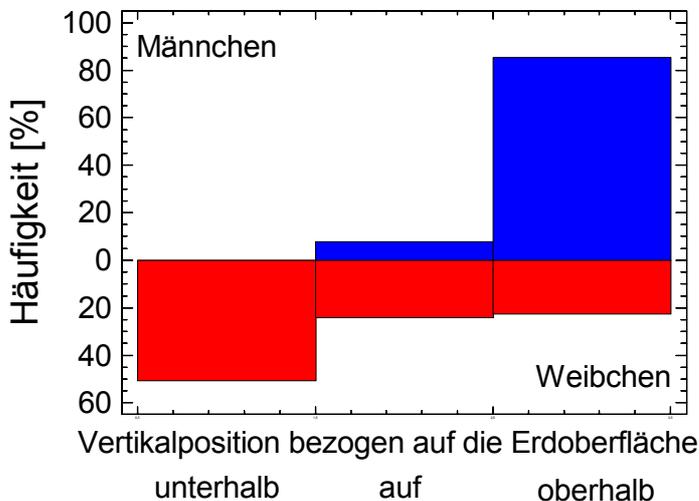


Abbildung 7.4: Vertikale Gliederung der Aufenthaltsorte von 18 männlichen und 38 weiblichen telemetrierten Hirschkäfern. Gesamtzahl der Ortungen: n = 363 (Männchen) und n = 779 (Weibchen).

Mikrohabitats. Insgesamt konnten 1.048 Mikrohabitats beschrieben werden. Die Aufenthaltsorte ließen sich in 929 Fällen (88,6%) Bäumen, Sträuchern oder krautigen Pflanzen zuordnen (Tab.7.1). Geschlechtsspezifisch entsprach dies bei den Männchen 99,9 % und bei den Weibchen 83,5%. In 119 Fällen (11,4% aller Fälle) wurden Käfer lokalisiert, ohne dass eine Assoziation zu einer Pflanze erkennbar war. In diesen Fällen liefen die Käfer entweder auf der Erde oder hatten sich im Erdreich versteckt, 118 davon waren weiblich. Geschlechtsspezifisch hatten Bäume bei den

Männchen einen Anteil von 79,6% und bei den Weibchen 66,8 %, bei den Sträuchern für die Männchen 19,5 % und für die Weibchen 13,4% und bei den krautigen Pflanzen 0,5 % für Männchen und 3,2% für Weibchen. Ohne Assoziation zu Pflanzen waren 0,3% der Männchen und 16,5% der Weibchen. Es wurden 28 verschiedene Baumarten aufgesucht. Männchen suchten 21 verschiedene Baumarten auf, Weibchen 14. Acht Baumarten wurden von beiden Geschlechtern aufgesucht. Die Eiche (*Quercus petraea* und *Quercus robur*) war mit 25,9 % bei den Männchen und 40,3 % bei den Weibchen bei beiden Geschlechtern die häufigste Baumart. Die Kirsche (*Prunus avium*) folgte bei den Männchen mit 27,8 % und den Weibchen mit 27,9 %. Die anderen Baumarten überschritten Anteile von je 10 % nicht. 4,9% aller aufgesuchten Baum- und Straucharten waren Koniferen, wobei die Fichte bei beiden Geschlechtern vorne lag. Es wurden insgesamt 14 verschiedene Straucharten aufgesucht. Bei den Straucharten suchten Männchen neun verschiedene, Weibchen acht verschiedene Straucharten auf. Hier kamen bei den Männchen der Liguster mit 26,2 % und die Magnolie mit 24,6 % am häufigsten vor. Bei den Weibchen waren es der Flieder mit 37,5% und die Magnolie mit 31,3%. Drei Straucharten wurden von beiden Geschlechtern aufgesucht. Bei den krautigen Pflanzen handelte sich bei den Männchen um den Wurmfarne und bei den Weibchen war die Brennnessel mit 68% am stärksten vertreten.

Weibchen nutzten fünf der insgesamt 14 von ihnen aufgesuchten Baumarten zur Eiablage. Sträucher wurden hierfür nicht aufgesucht (Tab. 7.2). Alle Bäume waren bereits mehrjährig abgestorben. Mit Eiche (*Quercus petraea*/*Q. robur*, n = 117), Kirsche (*Prunus avium*, n = 73), Trauerweide (*Salix alba* var. *tristis*, n = 28), Birke (*Betula pendula*, n = 27) und Pflaume (*Prunus domestica*, n = 20) wurden ausschließlich Laubbäume, überwiegend Hartholz und mit der Trauerweide auch eine Weichholzbaumart aufgesucht. Bäume und Sträucher wurden von Weibchen auch als Versteck aufgesucht, dann in der Regel im Bereich des Stammfußes (n = 186). Der Aufenthalt auf lebenden Bäumen und Sträuchern wurde häufig zu längeren Fraß-, Lock- und Paarungsaufenthalten genutzt sowie als Startpunkt für das Zulaufen auf in der Nähe liegende Brutstätten (n = 145; Tab. 7.2).

Tabelle 7.1: Mikrohabitate (Fundorte) von 18 männlichen und 38 weiblichen telemetrierten Hirschkäfern. * lokale Wuchsform als Baum bzw. Strauch.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Männchen (n = Funde)	Weibchen (n = Funde)	Gesamt
1. Bäume				
<i>Acer argutum</i>	Spitzzahniger Ahorn	15	-	15
<i>Acer campestre</i> *	Feldahorn	1	4	5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn	4	1	5
<i>Abies grandis</i>	Küstentanne	1	-	1
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Rosskastanie	-	12	12
<i>Betula pendula</i>	Birke	-	27	27
<i>Caprinus betulus</i> *	Hainbuche	15	-	15
<i>Crataegus monogyna</i> *	Weissdornbaum	-	3	3
<i>Fagus sylvatic Purpurea</i>	Blutbuche	2	-	2
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche	-	1	1
<i>Fraxinus excelsior</i>	Esche	1	-	1
<i>Juglans regia</i>	Wallnuss	6	-	6
<i>Malus sylvestris</i>	Apfel	18	11	29
<i>Picea abies</i>	Fichte	23	8	31
<i>Picea pungens</i>	Blaufichte	-	3	3
<i>Prunus avium</i>	Kirsche	69	133	202
<i>Prunus domestica</i>	Pflaume	4	26	30
<i>Populus nigra</i>	Pappel	12	-	12
<i>Populus nigra italica</i>	Pyramidenpappel	-	28	28
<i>Populus tremula</i>	Zitterpappel	1	-	1
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglasie	1	-	1
<i>Quercus petraea/ Q. robur</i>	Eiche	74	192	266
<i>Quercus robur Fastigiata</i>	Pyramideneiche	1	-	1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie	8	-	8
<i>Salix alba var. Tristis</i>	Trauerweide	-	28	28
<i>Salix caprea</i>	Salweide	1	-	1
<i>Thuja occidentalis</i>	Thuja	5	-	5
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommerlinde	4	-	4
2. Sträucher				
<i>Acer campestre</i> *	Feldahorn	5	-	5
<i>Caprinus betulus</i> *	Hainbuche	6	-	6
<i>Corylus avellana</i>	Halselnuss	1	3	4
<i>Crataegus monogyna</i> *	Weissdornstrauch	4	-	4
<i>Euonymus europaea</i>	Pfaffenhütchen	-	7	7
<i>Juniperus communis</i>	Wacholder	-	4	4
<i>Ligustrum vulgare</i>	Liguster	17	-	17
<i>Magnolia soulangia</i>	Magnolie	16	30	46
<i>Prunus l. rotundifolia</i>	Kirschlorbeer	-	4	4
<i>Reynoutria sachalinensis</i>	Salachinknöterich	4	-	4
<i>Rhododendron flavum</i>	Rhododendron	9	11	18
<i>Ribes idaeus</i>	Himbeerstrauch	-	1	1
<i>Ribes rubrum</i>	Johannisbeerstrauch	3	-	3
<i>Syringa vulgaris</i>	Flieder	-	36	36
3. Krautpflanzen				
<i>Clematis vitalba</i>	Waldrebe	1	-	0
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Wurmfarn	1	-	1
<i>Hedera helix</i>	Efeu	-	6	6
<i>Urtica dioica</i>	Brennnessel	-	17	17

4. Ohne Zuordnung zu einer Pflanzenart				
Boden/Wiese		1	118	119

Tabelle 7.2 : Mikrohabitat und beobachtetes Verhalten von 38 telemetrierten Hirschkäferweibchen.
* lokale Wuchsform als Baum bzw. Strauch.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Weibchen (n = Funde)	Eiablage	Versteck	Locken/ Paarung
1. Bäume					
<i>Acer campestre</i> *	Feldahorn	4	-	4	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn	1	-	-	1
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Roßkastanie	12	-	-	12
<i>Betula pendula</i>	Birke	27	27	-	-
<i>Crataegus monogyna</i> *	Weissdornbaum	3	-	-	3
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche	1	-	1	-
<i>Malus domestica</i>	Apfel	11	-	9	2
<i>Picea abies</i>	Fichte	8	-	-	8
<i>Picea pungens</i>	Blaufichte	3	-	3	-
<i>Prunus avium</i>	Kirsche	133	73	34	26
<i>Prunus domestica</i>	Pflaume	26	20	-	6
<i>Populus nigra Italica</i>	Pyramidenpappel	28	-	-	28
<i>Quercus petraea/ Q. robur</i>	Eiche	192	117	52	23
<i>Salix alba var. Tristis</i>	Trauerweide	28	28	-	-
2. Sträucher					
<i>Corylus avellana</i>	Haselnuss	3	-	1	2
<i>Euonymus europaea</i>	Pfaffenhütchen	7	-	6	1
<i>Juniperus communis</i>	Wacholder	4	-	4	-
<i>Magnolia soulangia</i>	Magnolie	30	-	1	29
<i>Prunus l. rotundifolia</i>	Kirschlorbeer	4	-	-	4
<i>Rhododendron flavum</i>	Rhododendron	11	-	11	-
<i>Rubus idaeus</i>	Himbeerstrauch	1	-	1	-
<i>Syringa vulgaris</i>	Flieder	36	-	36	-
3. Krautpflanzen					
<i>Urtica dioica</i>	Brennnessel	17	-	17	-
		714	265	186	145

7.3.2 Aus Fundortmeldungen abgeleitete Habitatpräferenzen

Makrohabitate. Die Fundorte von männlichen und weiblichen Imagines waren weit überwiegend Gärten und Wiesen, gefolgt von einem signifikanten Anteil von künstlichen Habitaten wie Häusern und Strassen (Abb. 7.5). Die geschlechtsspezifische Häufigkeitsverteilung unterschied sich signifikant (Kolmogorov-Smirnov Test, $P < 0,01$). 14,4 % ($n = 41$) der insgesamt 285 gemeldeten Käfer wurden an oder in Gebäuden ($n = 30$), auf Straßen ($n=6$) oder unter Straßenlaternen ($n = 5$) angetroffen. Weibchen ($n = 23$) wurden dabei häufig ($n =11$) an oder in Garagen bzw. Kellern angetroffen. Männchen ($n = 18$) häufig an Hauswänden.

Da fast alle Fundortmeldungen hoch fragmentierte Ortslagen betrafen, lagen rund 2/3 der Meldungen in den Grenzbereichen zwischen zwei Makrohabitaten, also in Ökotonen (Abb. 7.6). An diesen Grenzbereichen war fast immer ein künstliches Habitat beteiligt. Die geschlechtsspezifische Häufigkeitsverteilung der Ökotonnutzung unterschied sich signifikant (Kolmogorov-Smirnov Test, $P < 0,01$).

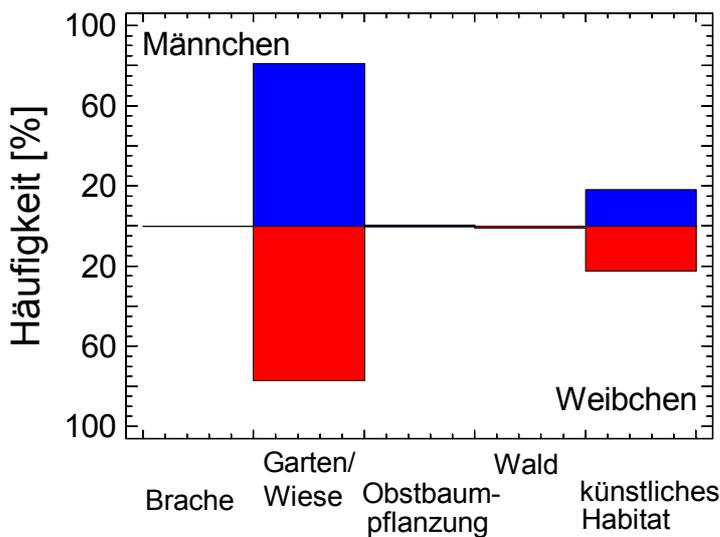


Abbildung 7.5:

Geschlechtsspezifische Verteilung der Makrohabitats von 159 männlichen und 126 weiblichen Hirschkäfern, beruhend auf Fundortmeldungen. Künstliche Habitats sind Häuser und Strassen ohne Vegetation.

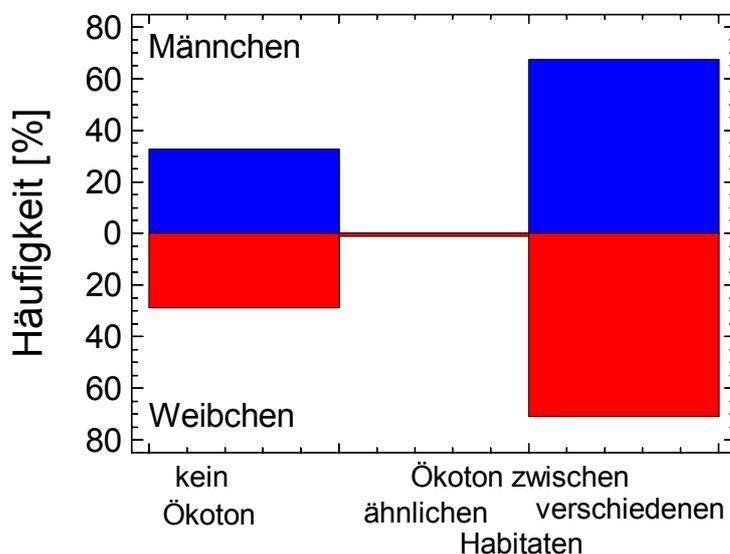


Abbildung 7.6:

Geschlechtsspezifische Verteilung der Makrohabitats von 159 männlichen und 126 weiblichen Hirschkäfern, beruhend auf Fundortmeldungen, aufgeschlüsselt nach Innen- (links) und Randbereichen (Ökotope, Mitte, rechts) der Makrohabitats. Als ähnliche Makrohabitats wurden Brache und Garten/Wiese klassifiziert, als verschiedene künstliche Habitats mit jedem anderen Makrohabitats.

Vertikalverteilung der Aufenthaltsorte. Die Vertikalpositionen der Aufenthaltsorte unterschieden sich signifikant zwischen Männchen und Weibchen (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$). Männchen wurden fast ausschließlich oberirdisch gefunden mit einem deutlichen Schwerpunkt auf erhöhte Strukturen wie Bäume und Sträucher, aber vor allem auf fliegende Tiere, die ebenfalls in dieser Kategorie

vertreten sind (Abb. 7.7). Weibchen wurden am häufigsten auf dem Boden gemeldet, aber auch ein signifikanter Anteil beim Flug.

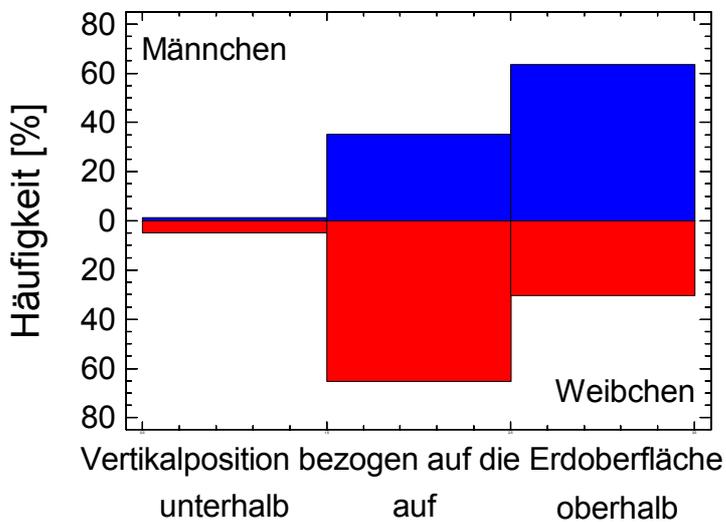


Abbildung 7.7 Vertikale Gliederung der Fundortmeldungen von 159 männlichen und 126 weiblichen Hirschkäfern.

7.3.3 Vergleich der methodenabhängigen Habitatpräferenzen

Die mit den beiden Erhebungsmethoden bestimmten Verteilungen über die Makrohabitate unterschieden sich sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$). Bei den Männchen und Weibchen beruhte der Unterschied auf der extremen Dominanz der Fundmeldungen in Gärten und Wiesen sowie dem Anteil von Funden in künstlichen Habitaten, die von telemetrierten Tieren nie aufgesucht wurden.

Die Verteilungen über Ökotope unterschieden sich ebenfalls methodenabhängig bei beiden Geschlechtern signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$). Da die Fundmeldungen fast ausschließlich aus urbanen Bereichen stammten, waren künstliche Habitate meist in Fundortnähe.

Die Verteilungen der Vertikalpositionen unterschieden sich methodenbedingt sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov Test, $P \ll 0,0001$). Bei den Männchen beruhte der Unterschied vor allem darauf, dass der Anteil von Tieren oberhalb der Erdoberfläche bei den Fundmeldungen wesentlich geringer war als bei den Telemetrieortungen. Bei den Weibchen unterschätzten die Fundortmeldungen den Anteil der Tiere unterhalb der Erdoberfläche.

7.3 Diskussion

Diese Untersuchung weist gravierende Unterschiede zwischen den aus telemetrischen Untersuchungen abgeleiteten Habitatpräferenzen und den auf Fundortmeldungen beruhenden nach. Da es sich um Untersuchungen im selben Gebiet und im gleichen Zeitraum handelte, muss davon ausgegangen werden, dass die Unterschiede ausschließlich methodenbedingt sind. Das einzige gemeinsame, d.h. methoden-unabhängige Resultat war der deutliche geschlechtsspezifische Unterschied in der Präferenz für Makro- und Mikrohabitate. Die starke Methodenabhängigkeit der Ergebnisse hat schwerwiegende Konsequenzen für die Vergleichbarkeit bereits veröffentlichter Habitatpräferenzen des Hirschkäfers und der daraus abgeleiteten Maßnahmen im Arten- und Biotopschutz (Tochtermann 1992, Sprecher-Uebersax & Durrer 2001, Smith, 2003). Ein kritischer Vergleich der wenigen publizierten quantitativen Charakterisierungen der Habitatpräferenzen mit den hier beschriebenen soll dazu beitragen, ein objektives Bild mit möglichst wenig methodenbedingten Verzerrungen zu entwerfen.

Präferierte Makrohabitate. Beide Geschlechter bevorzugten an der Mosel die stark anthropogen geprägten Ortslagen, die häufig in räumlicher Nähe zum Wald lagen. Ähnliches scheint auch für eine Schweizer Population (Raum Basel) zu gelten, die vorwiegend kleine Wäldchen dicht neben Wohngebieten nutzte (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001). Die dort telemetrierten Käfer bewegten sich zwischen schmalen fragmentierten Waldgebieten und landwirtschaftlich genutzten Offenlandschaften, wobei Siedlungen selbst jedoch nicht aufgesucht wurden. Die Vermeidung künstlicher Habitate (Bauten) durch telemetrierte Käfer konnte auch für die Moselpopulation nachgewiesen werden. Die generelle Präferenz für Ortslagen scheint nach Fundortmeldungen zu urteilen auch für englische Populationen zu gelten (Smith 2003). 75 % der Registrierungen fanden in privaten Gärten und weitere 22 % in Stadtzentren, Straßen und Parks statt. Die durch die Fundortanalyse suggerierte Ausschließlichkeit der Nutzung anthropogen geprägter Habitate dürfte allerdings ein methodisches Artefakt sein, wie auch in der vorliegenden Untersuchung an der Mosel ersichtlich. Die Fundorthäufigkeit spiegelt stärker die Raumnutzung der Käfermelder wieder als die reale, durch Telemetrie erfasste Makrohabitatnutzung der Hirschkäfer. So dürfte auch die von Tochtermann (1992) postulierte Abwanderung der Hirschkäfer aus dem Wald in die Tallagen wahrscheinlich mehr die Folge der unterschiedlichen Registrierwahrscheinlichkeit in

beiden Habitaten sein. Telemetrische Untersuchungen deuten nach wie vor auf eine Nutzung des Waldes bzw. waldähnlicher Strukturen hin.

Neben der telemetrisch nachgewiesenen Waldnutzung ergab der Methodenvergleich eine weitere Diskrepanz in der Habitatnutzung, nämlich die 14% Meldungen von Hirschkäfern an Häusern und Straßen. Eine simple Fehlleitung durch Licht oder Wärme (Lichtfang-Effekt) kommt als Erklärung nicht in Frage, da solche Reize auch auf die telemetrierten Tiere einwirkten und dennoch keinen der 56 Käfer dazu bewegte, diese künstlichen Habitate aufzusuchen. Auch wenn die genauen Ursachen für das Aufsuchen dieser Strukturen unklar bleiben, so dürfte der Anteil von 14% die reale Häufigkeit der Anflüge von Hirschkäfern auf künstliche Habitate weit überschätzen. Vermutlich wird durch die permanente Anwesenheit von Menschen an diesen Orten praktisch jeder Besuch registriert, was an keinem anderen Makrohabitat der Fall ist. Umgekehrt zeigt das Fehlen von telemetrierten Tieren an diesen Orten bei mehr als 1000 registrierten Aufenthaltsorten, dass die reale Besuchshäufigkeit eher im Promillebereich zu veranschlagen ist. Wenn letztere Einschätzung zutrifft, dürfte die Population im Mosel einen Imaginalbestand von mehreren hundert Individuen aufweisen.

Veränderte Habitatpräferenzen in der Kulturlandschaft werden für den Nashornkäfer (*Oryctes nasicornis*) angenommen, der den Wald über Sägewerksabfälle hin zu Komposthaufen als Bruthabitate verlassen hat (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001). In Lettland besiedeln 95% der Nashornkäfer anthropogen eingerichtete Mikohabitate wie Komposthaufen, Frühbeete, Misthaufen und Spanhaufen, der Rest nutzt allerdings noch natürliche Habitate im morschem Holz und Mulm (Telnov 2001). Im Gegensatz zu *Oryctes nasicornis*, der über Veränderung oder Erweiterung seiner Habitatansprüche in die Ortslagen gewandert zu sein scheint, besiedelt *Lucanus cervus* auch dort seine ursprünglichen Habitatstrukturen, nämlich Bäume und Sträucher, wobei es möglicherweise zu einer Erweiterung des Baumartenspektrums gekommen ist (diese Untersuchung; Smith 2003). Ob es sich tatsächlich um eine adaptive Erweiterung des Baumspektrums handelt, ist jedoch keineswegs sicher, denn die früher postulierte ausschließliche Bindung an Eichen ist nicht durch ältere, quantitative Untersuchungen belegbar.

Die geschlechtsspezifische unterschiedliche Habitatnutzung ist zwar mit beiden Methoden nachweisbar, scheint aber auch habitatspezifische Komponenten zu beinhalten. In der Moselpopulation hielten sich Männchen häufiger in Arealen mit

Baumbestand und Weibchen bevorzugt in offeneren Arealen auf. Dies erklärt sich aus der Häufigkeit der Bruthabitate in offenem Gelände (Details in Kapitel 8). In der ebenfalls telemetrisch untersuchten schweizer Population ergab sich hingegen eine andere Präferenz, denn dort waren die Hirschkäferweibchen mehr an den Wald und den Waldrand gebunden, während die Männchen weiter ins offene Gelände schwärmten (Sprecher-Uebersax & Durrer 2001). Nach den Erfahrungen im Moseltal zu schließen, bestimmt die Verfügbarkeit von Bruthabitaten die Aufenthaltsorte der Weibchen, also dürften habitatbedingte Gründe für die unterschiedlichen Präferenzen vorliegen.

Eine weitere geschlechtsspezifische Besonderheit der Männchen ist die Präferenz für erhöhte Habitatstrukturen, die mit beiden Methoden nachweisbar war. Die Ursache ist die gegenüber Weibchen erhebliche größere Häufigkeit von Flügen, die den Start von Bäumen oder Sträuchern erfordert (Details in Kapitel 4). Dennoch dürfte die telemetrisch ermittelte Vertikalverteilung der Käfer zuverlässiger als die Fundortanalysen sein, da weder alle Käfer auf erhöhten Strukturen für Beobachter sichtbar oder fangbar sind noch im Boden eingegrabene Tiere ohne Sender feststellbar sind. Letzteres führt zu einer Fehleinschätzung des Verhaltens der Weibchen, die zur Oviposition viel Zeit unterirdisch verbringen.

Präferierte Mikrohabitate. Die speziellen Aufenthaltsorte beider Geschlechter waren weit überwiegend Bäume und Sträucher, die im Moseltal zu 40 verschiedenen Arten gehörten, wenn auch am häufigsten Eiche (*Quercus petraea/robur*) und Kirsche (*Prunus avium*) aufgesucht wurden. Die Präferenz für die Wuchsform „holzige, hochwachsende Pflanze“ dürfte mit ihrer Bedeutung sowohl für das Flugverhalten (Start- und Landepunkte) als auch für die Eiablage der Weibchen (vermodernde Stämme) zusammenhängen. Dies gilt auch für englische Populationen, bei denen Hirschkäfer an 50 verschiedenen Baum- und Straucharten beobachtet wurden (Smith 2003). Die opportunistische Nutzung vieler verschiedener Baum- und Straucharten manifestierte sich allerdings vor allem in Zusammenhang mit dem Flugverhalten.

Das Spektrum der Baum- und Straucharten, die für die Eiablage genutzt wurden, ist wesentlich enger. Smith (2003) nennt 27 Baum- und Straucharten, die er als Eiablageorte identifiziert. Im Moseltal reduziert sich die Zahl auf 5 Arten, ebenso wie in England *Quercus*-, *Prunus*-, *Betula*- und *Salix*-Arten. Damit dürfte die Klassifizierung von *Lucanus cervus* als Habitatspezialist, der ausschließlich Eichentotholz als Brutstätten nutzt, endgültig als Legende zu den Akten zu legen

sein. Es ist also weniger eine bestimmte Baumart, sondern der Zersetzungsgrad des Totholzes, der entscheidend für die Nutzbarkeit als Brutstätte ist (Details in Kapitel 8). Die größere Anzahl genutzter Baumarten in England kann mehrere Ursachen haben (Smith 2003): (1) Opportunismus der Hirschkäferweibchen in Bezug auf die Baumart; (2) größere Untersuchungsfläche mit potentiell mehr geeigneten Baumarten; (3) die Vielzahl verschiedener Melder ist in einzelnen Fällen mit einer Unsicherheit über die tatsächliche Akzeptanz als Brutstätte verbunden.

Das hier entworfene Bild der Habitatnutzung von *Lucanus cervus* hat Konsequenzen für die Planung von Artenschutzprogrammen im mitteleuropäischen Bereich. Selbst beim Vorhandensein größerer Areale Eichenwälder, dem bisher vermuteten Primärhabitat dieser Art (z.B. Harde 1998), wie dies im Untersuchungsgebiet der Fall ist, nutzen telemetrierte Hirschkäfer überwiegend offene Landschaften an Waldrändern oder mit Baumgruppen verschiedenster Artenzusammensetzung. Dies bestätigt die Einschätzung für Großbritannien, wo ebenfalls die Fundortmeldungen überwiegend aus Offenlandhabitaten stammen (Hymann 1992, Smith 2003). Siedlungsräume mit Baumbeständen, seien sie in Gärten oder in Obstbaumkulturen, scheinen heute die Hauptlebensräume für Hirschkäfer darzustellen, vorausgesetzt, dass sie Totholz (Baumstümpfe) als potentielle Brutstätten bereitstellen.

7.4 Literatur

- Beaudoin-Ollivier, L., Bonaccorso, F., Aloysius, M. & Kasiki, M. (2003):** Flight movement of *Scapanes australis australis* (Boisduval 1832) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Papua New Guinea: a radiotelemetry study. Australian Journal of Entomology 42: 367-372.
- Hedin, J. & Ranius, T. (2002):** Using radio telemetry to study dispersal of the beetle *Osmoderma eremita*, an inhabitant of tree hollows. Computers and Electronics in Agriculture 35: 171-180.
- Harde, K. (1998):** A Field guide in colour to beetles. Leicester, Blitz Editions.
- Hymann, P.S. (1992):** A review of the scarce and threatened Coleoptera of Great Britain. Part 1. U.K. Nature Conservation: 3. Peterborough Joint Nature Conservation Committee.
- Kenward, R. (1987):** Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis. London, Academic Press.
- Riecken, U. & Ries U. (1992):** Untersuchung zur Raumnutzung von Laufkäfern mittels Radio-Telemetrie. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 1: 147-149.
- Riecken, U. & Raths, U. (1996):** Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. Annales Zoologici Fennici 33: 109-116.
- Riley, J. R. & Smith, A. D. (2002):** Design considerations for an harmonic radar to investigate the flight of insects at low altitude. Computers and Electronics in Agriculture 35: 151-163.
- Roer, H. (1980):** Zur Verbreitung und Bestandsdichte des Hirschkäfers *Lucanus cervus* im Rheinland (BRD). Acta Musei Reginaehradecensis S. A Supplementum.
- Smith, M.N., (2003):** National Stag Beetle Survey 2002, London, People's Trust for Endangered Species.
- Sprecher-Uebersax, E. & H. Durrer (2001):** Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus* L. mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung. Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft beider Basel 5: 161-182.
- Telnov, D. (2001):** Gefährdete und seltene Wirbellose Lettlands, Teil 1: *Oryctes nasicornis*. Latv. Entomol. 38: 70-75
- Tochtermann, E. (1987):** Modell zur Artenerhaltung der Lucanidae. Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.
- Tochtermann, E. (1992):** Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 47: 308-311.

8. Charakterisierung des Bruthabitats und Beschreibung der Entwicklungsabläufe .

Zusammenfassung.

Bruthabitate des Hirschkäfers ließen sich durch Kartierung, Telemetrie und Grabungen lokalisieren. Durch Messung von Standortvariablen an natürlichen Bruthabitaten konnten für eine Besiedlung relevante Standortbedingungen charakterisiert werden. Die Larvalentwicklung wurde anhand von Terrarienhaltung und Grabungen beobachtet. Überschwemmungs- und Frosttoleranz wurden im Versuch gemessen. Die Imaginalbiometrie von Käfern der Bruthabitatbaumarten Eiche (*Quercus petraea*) und Kirsche (*Prunus avium*) wurde an geschlüpften Käfern verglichen. Aus den ermittelten Standortbedingungen ließen sich Kriterien für die Anlage künstlicher Bruthabitate formulieren.

8.1 Einleitung

Bei den Käfern kann man grundsätzlich zwischen der nesthockenden und der nestflüchtenden Larvenform unterscheiden. Dies entspricht den beiden Grundtypen Adepahga und Polyphaga (Marti 1998). Dies wirkt sich entscheidend auf die Struktur des Bruthabitats und die Entwicklungsabläufe darin aus. So legen z.B. als Vertreter der Adepahga die Laufkäfer (Carabidae) ihre Eier lediglich an gut geschützte Orte ab, die schlüpfende Larve ist von campodeidem Typus und geht eigenständig auf Nahrungssuche (Marti 1998). Bockkäfer als Vertreter der Polyphaga (Cerambycidae) dagegen legen ihre Eier in geeigneter organischer Substanz ab und übergeben damit der schlüpfenden anneliden-ähnlichen Larve ein Bruthabitat, das die Larven durchdringen, aber nicht verlassen können (Marti 1988). In diesem Fall ist das Bruthabitat eng eingrenzbar und ist Lebensraum für die Larven bis zum adulten Käfer. Für das Leben der adulten Käfer hat das Bruthabitat nach dem Schlüpfen keine erkennbare Bedeutung mehr. Die adulten Käfer selbst sind meist Blütenbesucher (Marti 1988). Anders ist es bei einer weiteren Gruppe der Polyphaga, den Borkenkäfern (Scolytidae). Sie legen in geeignetem Milieu Bruthabitate an, wo zunächst die Paarung, der Brutstättenbau, die Eiablage und später die Brutpflege durch die Elternkäfer erfolgen. Das Bruthabitat ist eng eingrenzbar, Lebensraum für Larve und adulte Käfer und durch Brutpflege und Vergesellschaftung gekennzeichnet (Marti 1998).

Kenntnisse über die Struktur von und die Abläufe im Bruthabitat sind in erster Linie über Arten vorhanden, die wirtschaftliche Schäden verursachen, wie z. B. dem Borkenkäfer *Ips typographus*, dessen Ansprüche an das Bruthabitat intensiv beschrieben und analysiert worden sind, mit dem Ziel, wirtschaftliche Schäden zu vermeiden. Baier (1996) beispielsweise beschreibt die Beziehungen zwischen Baumzustand und Brutstättenqualität und damit den Bruterfolg und Wermlinger (2004) charakterisiert Kriterien bezüglich der Eignung (Gefährdung) von Bäumen in Beziehung zum Standort. Im Rahmen des Artenschutzes und dem damit verbundenen Schutz der Entwicklungsstadien einschließlich der dafür benötigten Lebensräume kommt aber auch der Kenntnis der Bruthabitatstruktur seltener Arten ebenfalls eine besondere Bedeutung zu. Bruthabitate des Hirschkäfers sind zwar nach § 42 Bundesnaturschutzgesetz geschützt, in der Praxis nutzt dies jedoch wenig, da konkrete Bruthabitate nur selten bekannt sind. Nachfragen bei der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz und der Zentralstelle der Forstverwaltung in Neustadt brachten klare Aussagen über Käfermeldungen, Benennungen von konkreten Bruthabitaten waren jedoch nicht möglich. Diese Aussage galt auch für das Untersuchungsgebiet Alf – Bullay. Brutstättennachweise waren kurzfristig nur über umfangreiche und schädigende Grabungen möglich, ansonsten das Ergebnis von Monitoringmaßnahmen (Details in Kapitel 6). Die Ausweisung von FFH-Gebieten schützt zwar die Lebensräume des Hirschkäfers, ob aber ein bedrohtes Bruthabitat im Einzelfall dadurch geschützt wird, kann auch sie nicht sicherstellen, wenn bei Genehmigungsverfahren seine Habitate nicht erkannt werden (BNatSchG. 2002, FFH-Richtlinie 1992). Für den Eichenheldbock (*Cerambyx cerdo* L.) konnten bereits sehr detaillierte Bruthabitatansprüche formuliert werden (Neumann 1997), die ein Auffinden potentieller Habitate und damit ganz gezielten Schutz und Schutzmaßnahmen ermöglicht.

Literaturangaben zur Entwicklung des Hirschkäfers sind im wesentlichen anekdotischer Natur und Bruthabitate erst von Tochtermann (1992) und Sprecher-Uebersax (2001) genauer beschrieben worden. Das Bruthabitat der Hirschkäfer dient der Entwicklung vom Ei bis zum fertigen Käfer. Die Larven ernähren sich nach dem Schlüpfen zunächst von Humusteilchen (Escherlich 1923), anschließend ernähren sie sich dann über drei bis acht Jahre hinweg von in Zersetzung befindlichem, morschem, feuchtem und verpilztem Holz, das sie mit der Zeit zu Mulm umsetzen (Zahradnik 1985, Klausnitzer 1995). Im September des letzten Jahr verpuppt sich die

Larve außerhalb des Stockes (Horion 1958), in einer Puppenwiege erfolgt die Metamorphose, der Käfer schlüpft im Folgejahr. Als bevorzugte Brutsubstratbaumart wird meist die Eiche (*Quercus*) genannt, als seltener genutzte Habitats die Buche (*Fagus*), Weiden, Ulmen, Pappeln und Obstbäume (Klausnitzer 1995, Tochtermann 1992,), wobei die Größe der Käfer durch das bei der Eiche vorkommende Hormon Myoinositol beeinflusst wird (Tochtermann 1992). Der Durchmesser des Stockes soll mindestens 40 cm stark sein, um mehreren Generationen Aufwuchsmöglichkeiten zu geben (Tochtermann 1992). Zur Standortfrage des Bruthabitats werden lichte alte Eichenwälder mit entsprechenden Eichenstöcken sowie Streuobstwiesen in Waldnähe angegeben (Klausnitzer 1995, Tochtermann 1992). Ziele dieser Untersuchung im Bereich Alf-Bullay sind (1) Das Bruthabitat möglichst umfassend zu charakterisieren und die in der Literatur genannten Kennzeichen zu evaluieren; (2) Methoden für das Lokalisieren besiedelter Brutstätten zu ermitteln; (3) die Embryonalentwicklung zu beschreiben; (4) Vorschläge für die erfolgreiche Anlage künstlicher Bruthabitate zu erarbeiten.

8.2 Material und Methoden

8.2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Gemarkungen der Gemeinden Bullay und Alf, Kreis Cochem-Zell im Bundesland Rheinland-Pfalz und hat eine Größe von rd. 855 ha (Details in Kapitel 2). Das Gebiet liegt beiderseits der Mosel, einem Fließgewässer 1. Ordnung. Die Höhenzonierung reicht von 94 bis 395 m ü. NN, das Klima lässt sich als warmes Weinbauklima charakterisieren. Die Ortschaften liegen an der Mosel umgeben von Weinbergen, Gärten und Resten alter Streuobstwiesen, die in den Bergen und Nordhängen in Traubeneichen-Hainbuchen-Wälder mit unterschiedlichen Anteilen anthropogen eingebrachten Nadelbaumarten übergehen.

8.2.2 Identifikation und Charakterisierung von Brutstätten

Brutstätten des Hirschkäfers wurden zunächst anhand von in der Literatur beschriebenen Kennzeichen gesucht (Tochtermann 1992, Klausnitzer 1995, Sprecher-Uebersax 2001). Diese waren (1) Baumstümpfe (von Eiche oder Kirsche), die seit mindestens drei Jahren abgestorben waren und Pilzbefall aufwiesen, (2) mit mehr als 40 cm Stammdurchmesser, (3) Lagen am Waldrand (auch angrenzende Obstwiesen) und (4) südexponierte Eichenwälder, bevorzugt Althölzer. Ab 2003 wurden gezielt besiedelte Habitate untersucht, die im Laufe anderer Untersuchungen (Details in Kapitel 3) identifiziert worden waren.

An den insgesamt 12 untersuchten Brutstätten wurden folgende Standortvariablen gemessen: (1) Exposition, (2) Höhenlage (m ü. NN), (3) Beschattung (lokal), (4) Baumart des Stumpfes, (5) Absterbejahr und Zersetzungsgrad und (6) Bodenstruktur. Die besiedelten Bruthabitate B1, B2, und B7 wurden mit Temperaturdatenloggern der Marke Tinytalk versehen. Die Temperaturen wurden in 40 cm Tiefe, in einem Fall in einer realen Puppenwiegenlage (27 cm Tiefe), gemessen. Weiterhin wurden Vergleichsmessungen in künstlich angelegten Bruthabitaten (W1, W5) an einem Waldrand zu einem Eichenaltholz und in einem Eichenaltholz durchgeführt. Die Speicherkapazitäten lagen bei zweistündigem Messrhythmus je nach Gerät zwischen drei Monaten und drei Jahren.

Suchgrabungen zur Lokalisierung von Hirschkäferentwicklungsstadien erreichten eine Maximaltiefe von 60 cm und maximale Radialdistanzen von 1,5 m um den jeweiligen Stamm. Es wurden sowohl Stichprobengrabungen (n = 11) als auch umfassende Grabungen (n = 11) durchgeführt. Anzahl, räumliche Lage der Larven und der Imagines, Substratbeschaffenheit und Fraßspuren wurden dokumentiert. Alle gefundenen Entwicklungsstadien wurden gewogen (Genauigkeit 0,01 g) und zudem der Durchmesser der Kopfkapsel (breiteste Stelle, Genauigkeit 0,1 mm) gemessen. Zur Beschreibung des Entwicklungsstandes wurde über die Kopfkapselbreite der Larve eine dreiteilige Einstufung vorgenommen (van Emden 1940): Larvalstadium 1: 2,65 mm mittlerer Kopfkapseldurchmesser (Minimum-Maximum: 2,4 - 3,0 mm); Larvalstadium 2: 5,45 mm (5,2 - 5,7 mm); Larvalstadium 3: 9,63 mm (8,2 - 11,0 mm).

Im Jahr 2005 wurden die biometrischen Kennzeichen von 16 männlichen und 20 weiblichen Imagines erfasst, die entweder aus einem Eichenstock oder aus einem Kirschstock geschlüpft waren. Folgende Messgrößen (Genauigkeit 0,1mm bzw. 0,01g) wurden erhoben: (1) Länge der Mandibel; (2) Länge des Caputs; (3) Breite

des Caputs; (4) Länge des Thoraxes; (5) Breite des Thoraxes; (6) Länge des Abdomen; (7) Breite des Abdomen; (8) Gesamtlänge mit Mandibeln; (9) Gesamtlänge ohne Mandibeln; (10) Körpermasse.

8.2.3 Terrarienuntersuchungen zur Larvalentwicklung

25 trüchtige Hirschkäferweibchen wurden zwischen 2002 und 2005 in Plastikterrarien zur Eiablage eingesetzt. Die Insektarienmaße schwankten je nach Anzahl der Individuen zwischen 35 x 20 x 20 cm bis 40 x 25 x 15 cm. Als Substrat diente Sägemehl unterschiedlicher Spangröße aus abgestorbener Eiche oder Kirsche in unterschiedlichen Mischungen mit Erde. Dieses Kunstsubstrat wurde feucht gehalten. Die Insektarien wurden in dunklen Räumen, meist im Keller aufgestellt. Die Hälterungsbedingungen bestanden aus tages- und jahresperiodisch wechselnden Temperaturen und Dauerdunkelheit. Die ersten Messungen wurden einige Wochen nach dem Schlüpfen aus der Eihülle vorgenommen, also bei einem Entwicklungsstadium, in dem die Messprozedur den Larven nicht mehr schadet. In Boxen und Küvetten unterschiedlicher Maße wurden Entwicklungsabläufe von der Eiablage bis Anlage der Puppenwiege und Verpuppung ermöglicht und beobachtet. Alle im Insektarium gehaltenen Entwicklungsstadien wurden in wechselnden Abständen (15 Tage bis ein Monat von Frühjahr bis Herbst, alle drei Monate im Winter) gewogen und zudem der Durchmesser der Kopfkapsel (breiteste Stelle) gemessen. Das Verhalten der Larve im Substrat und die Anlage der Puppenwiege wurden in schmalen Küvetten beobachtet und fotografisch dokumentiert.

Folgende experimentellen Veränderungen der Hälterungsbedingungen wurden vorgenommen: (1) Test auf Frosttoleranz und (2) Test auf Überschwemmungstoleranz. Im Insektarium wurden drei Larven unterschiedlichen Temperaturbedingungen ausgesetzt, um Aussagen über die Frostempfindlichkeit sowie temperaturbedingte Aktivitätsabhängigkeiten zu bekommen. Zwei Larven wurden dazu in ihren Boxen in 10 cm Bodentiefe positioniert, eine frei auf die Bodenoberfläche gestellt und vom 24.02.05 bis 06.03.05 unter natürlichen Frostbedingungen im Untersuchungsgebiet gehalten. Die Umgebungstemperaturen lagen nachts zwischen $-2,8^{\circ}\text{C}$ und $-13,8^{\circ}\text{C}$, an zwei Tagen herrschte auch tagsüber Dauerfrost. Neben der Temperaturmessung im Larvensubstrat wurden diese hinsichtlich ihrer Vitalität begutachtet sowie vor und nach der Prozedur gewogen sowie in den folgenden Lebenswochen regelmäßig begutachtet. Darüber hinaus

wurde ein Insektarium mit einer Larve im L 3-Stadium und einer Imago in der Puppenwiege über einen Zeitraum von einer Woche 19.02.06 bis 26.02.06 vollständig geflutet, um Hochwasserbedingungen zu schaffen. Die Larve wurde vor und nach der Flutung gewogen und in den Folgetagen beobachtet. Messungen an der Imago waren nicht möglich, da die Puppenwiege nicht geöffnet wurde. Als Ergebnis wird der Schlupftermin überwacht.

8.2.4 Statistische Datenanalyse

Wenn sich die Einzeldaten als nicht signifikant abweichend von einer Normalverteilung erwiesen, wurden Mittelwerte, Standardfehler, Minimum und Maximum zur statistischen Beschreibung benutzt. Der Vergleich der Mittelwerte und Varianzen erfolgte mittels der einfachen Varianzanalyse (ANOVA).

Zum biometrischen Vergleich männlicher und weiblicher Imagines aus Brutstätten mit Eichen- oder Kirschstöcken stand ein Datensatz mit 10 morphometrischen Variablen sowie dem Geschlecht und der Baumart als zusätzlichen, unabhängigen Variablen zur Verfügung. Dieser Datensatz wurde einer Hauptkomponentenanalyse unterzogen, um die gemessenen Variablen zu statistisch unabhängigen Hauptkomponenten (Linearkombinationen der Messvariablen) zusammenzufassen (Bookstein et al. 1985). Die erste Hauptkomponente (mit dem größten Eigenwert) repräsentiert bei morphometrischen Daten den Anteil der Gesamtvarianz des Datensatzes, der durch Körperlänge verursacht wird. Die folgenden Hauptkomponenten beschreiben die körperlängen-unabhängige Varianz der Körperform.

Das Signifikanzniveau wurde auf 5% (= 0,05) festgesetzt. Alle Berechnungen wurden mit dem Statistikpaket Statgraphics plus, Version 5.0 durchgeführt.

8.3 Ergebnisse

8.3.1 Lage und Kennzeichen der Brutstätten

Insgesamt wurden 12 Brutstätten lokalisiert (Abb. 8.1). Die Präsenz von Larven wurde in neun davon nachgewiesen, bei den übrigen wurde das Eingraben von Weibchen zur Eiablage beobachtet (Tab. 8.1). Alle zwölf Brutstätten lagen in Offenlandstrukturen und im Bereich der Ortschaften Alf und Bullay im Moseltal.



Abb.8.1 Brutstätten, die seit 2003 im Untersuchungsgebiet lokalisiert wurden

Tab. 8.1: Übersicht der lokalisierten Brutstätten

Nr:	besiedelt	Schlupf erfolgt	von Weibchen besucht (Eiablage)	von Männchen angefliegen
B1	verifiziert	Ja	ja	ja
B2	verifiziert	Ja	ja	ja
B3	verifiziert	Nein	ja	nein
B4	verifiziert	Nein	ja	nein
B5	verifiziert	Nein	ja	nein
B6	verifiziert	Ja	ja	ja
B7	verifiziert	Ja	ja	ja
B8	verifiziert	Ja	ja	ja
B9	verifiziert	Ja	ja	ja
B10	Keine Grabung	Nein	ja	nein
B11	Keine Grabung	Keine Angabe	ja	Keine Angabe
B12	Keine Grabung	Nein	ja	Keine Angabe

Die Standortmerkmale der 12 Bruthabitate sind in Tabelle 8.2 brutstätten-spezifisch zusammengefasst.

Exposition und Beschattung. Die Brutstätten lagen alle im offenen Gelände und unterlagen direkter Sonneneinstrahlung. Lediglich die Brutstätten B5 und B3 wurden durch einen Baum bzw. Gebäude etwas stärker beschattet. Die Brutstätten lagen in ebenen (n = 5) und sanft ansteigenden Hanglagen mit Südwestexpositionen (n=7).

Höhenlage. Die Höhenlagen variierten zwischen 90 und 160 Metern. Drei befanden sich in 90 – 100 m Höhe, 5 in 110 - 120 m, 2 in 130 - 140 m und 2 in 160 - 170 m. Drei Bruthabitate lagen im Hochwassergebiet, wo es regelmäßig zu Überschwemmungen, auch über mehrere Tage hinweg kommen kann. An zwei dieser Brutstätten wurde das erfolgreiche Schlüpfen von Käfern beobachtet.

Baumart. Es wurden fünf verschiedene Baumarten als Bruthabitate ermittelt: Eiche (*Quercus petraea/robur*, n = 3), Kirsche (*Prunus avium*, n = 3), Birke (*Betula pendula*, n = 1), Weide (*Salix alba a.v. tristis*, n = 2), Pflaume (*Prunus domestica*, n = 2). Zwei Laubbäume waren nicht identifizierbar. Zwei Vorkommen bei der Eiche (B6, B8) fanden sich in imprägnierten Eisenbahnschwellen, die im Verbund zu Umrandungen gestellt waren und 30 - 40 cm tief in die Erde eingegraben waren.

Dimension. Die Dimensionen der Baumstümpfe variierten stark. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Eisenbahnschwellen, die einzeln sehr schwach dimensioniert sind, durch die dichte Bauweise aber einen größeren Brutraum darstellen. Die Dimensionen wurden direkt über der Erde gemessen.

Zersetungsgrad. Die Stöcke, die von Hirschkäferweibchen besiedelt waren, waren bereits drei Jahre und länger abgestorben. Die beiden Weiden wurden zuerst besiedelt. An den Brutstätten B1, B2, B3 und B4 und B5 waren Fruchtkörper von *Ganoderma lipsiense*, einem Weißfäulepilz zu erkennen, der eine anlockende Wirkung auf Insekten hat (Müller 2005). Stöcke, die bereits von mehreren Larvalgenerationen besiedelt waren, wiesen deutliche Zerfallsstrukturen auf, äußere Teile ließen sich von Hand lösen. Imprägnierte Eisenbahnschwellen wurden bei Erdkontakt erst nach vielen Jahren als Bruthabitat genutzt. Der luftexponierte oberirdische Teil war nahezu unzersetzt.

Boden. Bei den Böden handelte es sich um tiefgründige, skelettarme Böden, die als Gartenland oder Wiesenland genutzt wurden und dadurch skelettärmer als unbearbeitete Böden waren. Verdichtet und damit schwierige Bodenverhältnisse waren lediglich in zwei Habitaten, die einen Fußweg säumten, aber einseitig in unverdichtetes Gartenland eingebettet sind, vorhanden.

Tab. 8.2: Merkmale der lokalisierten Brutstätten:

Nr:	Exposition	Höhe in Metern ü.N.N.	Beschattung Bäume/ Gebäude	Baumart	Dimension cm	Absterbejahr	Zersetzungsgrad	Bodenstruktur
B1	sanft West	130	nein	Kirsche	60	1995-1997	hoch	tiefgründig, skelettarm,
B2	eben	90	nein	Kirsche	60	1996	hoch	sehr tiefgründig, skelettarm, Flussaue
B3	eben	110	leicht	Birke	35	1997	mittel	Tiefgründig, skelettarm
B4	eben	110	nein	Weide	79	1997	hoch	tiefgründig, skelettarm
B5	sanft West	130	leicht	N.N.	30-50	unbekannt	hoch	tiefgründig, skelettarm
B6	Süd west	110	nein	Eiche Eisenbahnschwellen	24	vor 1990	mittel	zum Weg hin verdichtet, ansonsten tiefgründig
B7	Süd west	110	nein	Eiche	40	1990-1995	hoch	einseitig zum Weg hin verdichtet, ansonsten tiefgründig
B8	Süd west	110	nein	Eiche Eisenbahnschwellen	24	vor 1990	hoch	einseitig zum Weg verdichtet, ansonsten tiefgründig
B9	eben	90	nein	Pflaume	45	1990-1995	hoch	sehr tiefgründig, skelettarm, Flussaue
B10	eben	90	nein	Pflaume	14, 17, 10,10 (50/38)	2002	wenig	sehr tiefgründig, skelettarm, Flussaue
B11	sanft West	160	nein	N.N		1998-2000	Keine Angabe	Flachgründig, Rodungsbereich
B12	sanft West	160	ja	Weide	73	2000-2001	mittel	tiefgründig, skelettarm

Temperaturen im Bruthabitat. Die Brutstätte B1 war über den Messzeitraum Juni 2003 bis Juni 2006 in einer Tiefe von 40 cm frostfrei (Abb.8.2a). Ab der ersten Aprilhälfte bis Ende Oktober lagen die Temperaturen über 10°C. Die Temperaturen stiegen in den Monaten Juli/August auf Temperaturen zwischen 20 und 23°C. Temperaturen über Messungen in Tiefen von 27 cm (Brutstätte B2 (Abb. 8.9)) und 15 cm (Brutstätte B7) von 2005 auf 2006 ergaben ebenfalls Frostfreiheit. Temperaturvergleiche zwischen der Brutstätte B1 und einer in einem Eichenaltholz künstlich angelegten Brutstätte (W1) zeigten, wie sich Exposition, fehlende Überschildung und Höhenlage auf die Temperaturverhältnisse im Boden auswirken können (Abb. 8.2b). Das Bruthabitat B1 lag in Westexposition, sehr sanft ansteigend,

ohne Überschildung, Höhenlage 130 m.ü.N.N.. Die künstliche Brutstätte lag im Eichenaltholz, kleine Bestandeslücke, Nord-Ost, 160 m.ü.N.N.. Die Wärmeversorgung war im Offenland über 7 Monate hinweg besser gewesen. Unterschiede bis zu 6,5°C wurden im Juli gemessen. Im Winter fehlte der Schutz durch Laub und Kronendach und die Abkühlung war bis zu 2,3°C stärker als im Wald.

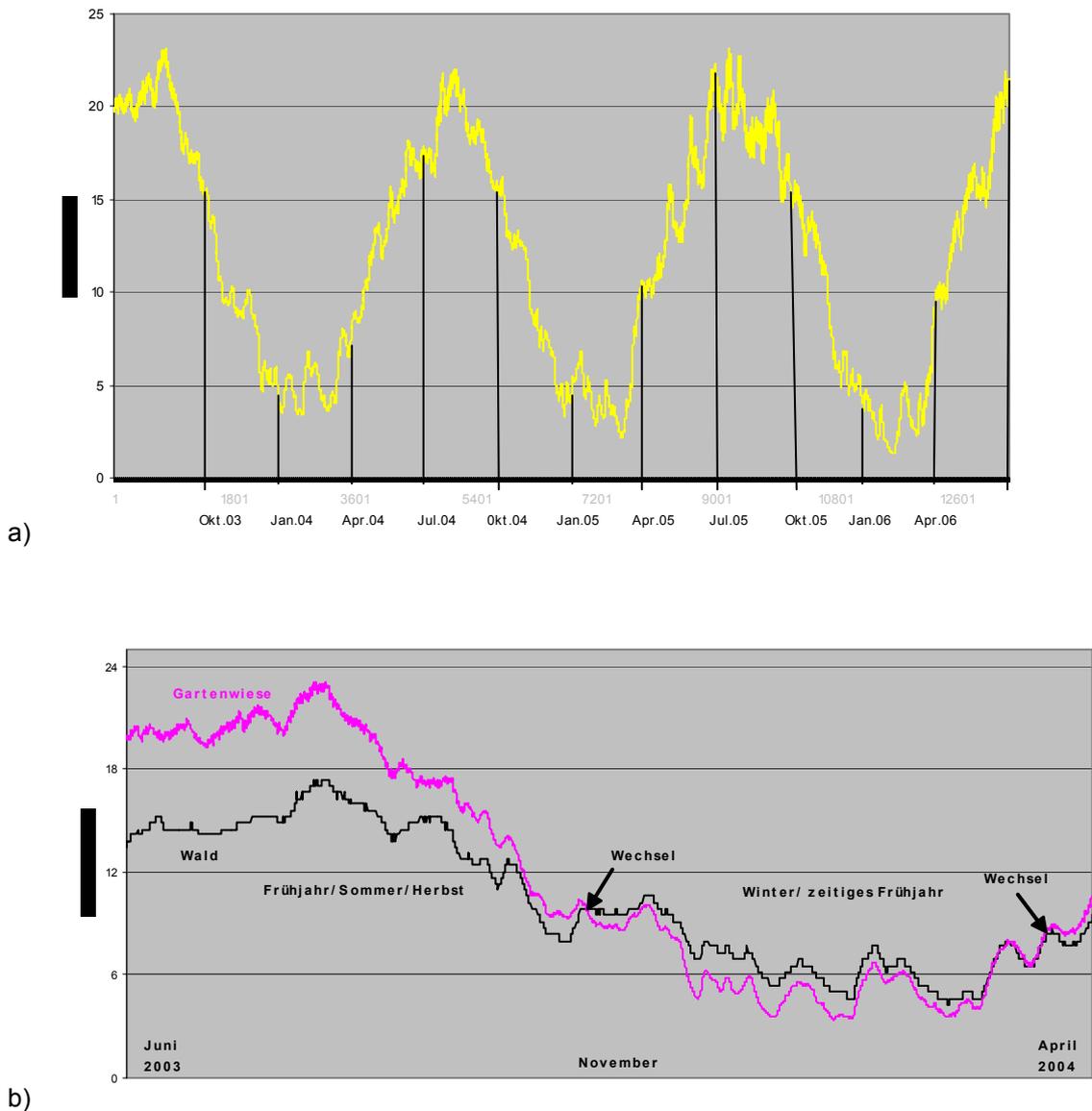


Abb.8.2 a) Temperaturverlauf Brutstätte B 1 von Juni 2003 bis Juni 2006 in 40 cm Bodentiefe
 b) Temperaturverläufe eines Waldstandortes (künstliche Brutstätte W1), und einer natürlich entstandenen Brutstätte B 1 in einer Gartenwiese (Offenland) mit unterschiedlichen Expositionen und Höhenlagen. Bodentemperatur in 40 cm Tiefe im Jahresvergleich

8.3.2. Larvalentwicklung

Im Freiland gruben sich die Weibchen zur Eiablage tief und lange in das Brutsubstrat ein. Sie starben oftmals im Brutsubstrat oder kurz nach dem Verlassen. In der Terrarienhaltung zeigten die 25 untersuchten Weibchen dasselbe Verhalten, allerdings konnte die Oviposition nicht direkt beobachtet werden. Die Weibchen durchwanderten das Substrat und starben nach einigen Tagen bzw. Wochen auch bei ausreichendem Nahrungsangebot. In fünf Fällen wurden nach wenigen Wochen Larven im Substrat festgestellt: (1) Jahr 2003: Weibchen W – 4 Larven; (2) Jahr 2004: Weibchen EE – 6 Larven, Weibchen W – 2 Larven, Weibchen Q – 2 Larven; (3) Jahr 2005: Weibchen X4 – 20 Larven.

Dauer der Larvalentwicklung (Abb. 8.3). Die Larvenstadien L1 und L2 (van Emden 1940) wurden in den Insektarien im Laufe des ersten Lebensjahres durchlaufen. Die Gewichtsveränderung der Larven zeigte, dass die Larven vor allem in Frühjahr und Sommer zunahmen, aber auch über den Winter nahm die Körpermasse noch zu. Die Larven waren noch bei Temperaturen von + 4,5°C aktiv und zeigten noch Wanderverhalten.

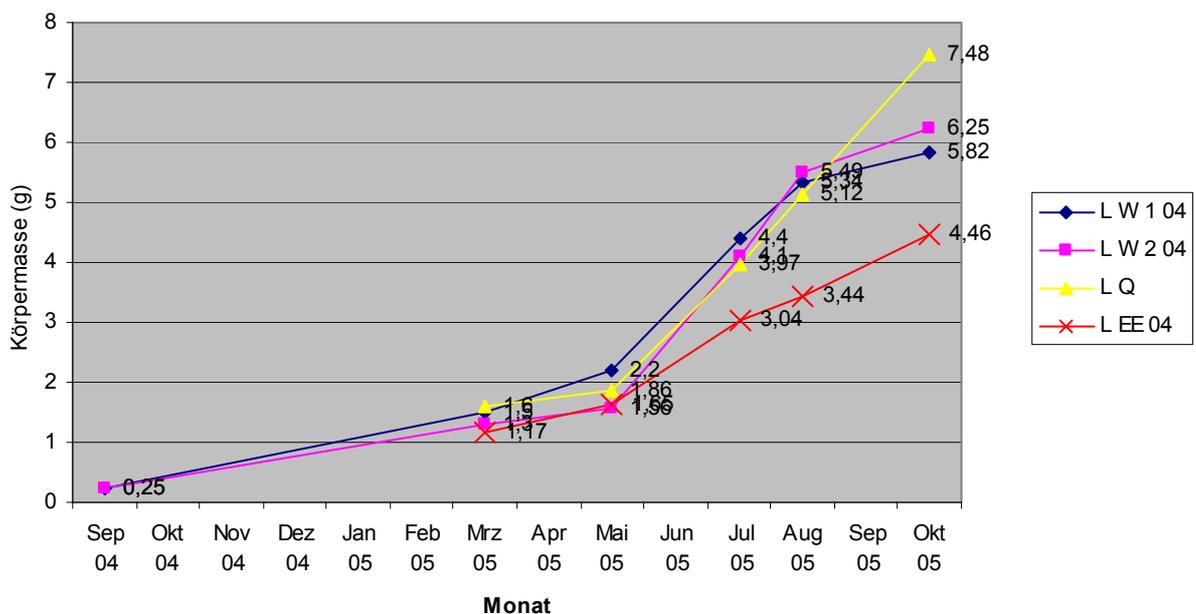


Abb. 8.3: Körpermassenveränderung bei vier Hirschkäferlarven (L1–L3) unter Insektariumsbedingungen von Sept. 2004 bis Okt. 2005

Bewegungs- und Fraßverhalten (Beobachtungen in Küvetten, Abb. 8.4). Das Brutsubstrat wurde von den Larven durch die Anlage von Gängen erschlossen. Die Larve nutzte die Mandibeln, um das holzige, angemoderte Substrat und die Erde loszulösen. Die verbreiterte Form der Mandibeln (schaufel-ähnlich) erleichterte auch den Transport und Einbau von Erde in die eigenen Kotballen. Mit Unterstützung der Beine und der Fähigkeit, den Larvenkörper von der gestreckten Form bis hin zur C-Form zu kontrahieren, wurde das Grabmaterial transportiert, geformt und verfestigt. Die so angelegten Gänge wurden auch im Kunstsubstrat (loses Sägemehl) dauerhaft stabil und ermöglichten der Larve ein rasches Wandern im Substrat, z.B. als Reaktion auf Trockenheit.

Dem Gangsystem kam aber auch eine wesentliche Bedeutung hinsichtlich der Ernährung zu. Die Larven bauten ihre eigenen Kotballen (Pelletform) in die Wände des Gangsystems ein (Abb. 8.5). Die Kotballen hatten eine typische Paketform mit einer Einschnürung über die Mitte der längsten Seite. Die Larven wanderten nach dem Einbau zunächst weiter, kehrten einige Tage später wieder zurück und fraßen an den Kotpellets (Koprophagie).

Verhalten bei mechanischer Berührung. Als Reaktion auf eine mechanische Stimulation schied die Larve schnell einen Kotballen aus und begann dann, sowohl über den Hinterleib als auch den Mund ein dunkles Sekret auszuscheiden (Abb. 8.4b). Mit ihren Mandibeln nahm sie eine extreme C-Stellung ein und stimulierte so die Abgabe des Sekretes durch Klammern des Hinterteiles mit den Mandibeln. Im Gang selbst konnte sich die Larve durch Krümmung gegen Herausziehen wehren. Bei Stimulation mit einem Holzstückchen (simulierter Fressfeind) biss sich die Larve mit ihren Mandibeln fest. Larven stridulierten durch Aneinanderreiben des 2. und 3. Hinterbeinpaares, was zu einer deutlich wahrnehmbaren Vibration führte. In einzelnen Fällen wurde dieses Stridulationsverhalten beim Aufeinandertreffen zweier Larven beobachtet.



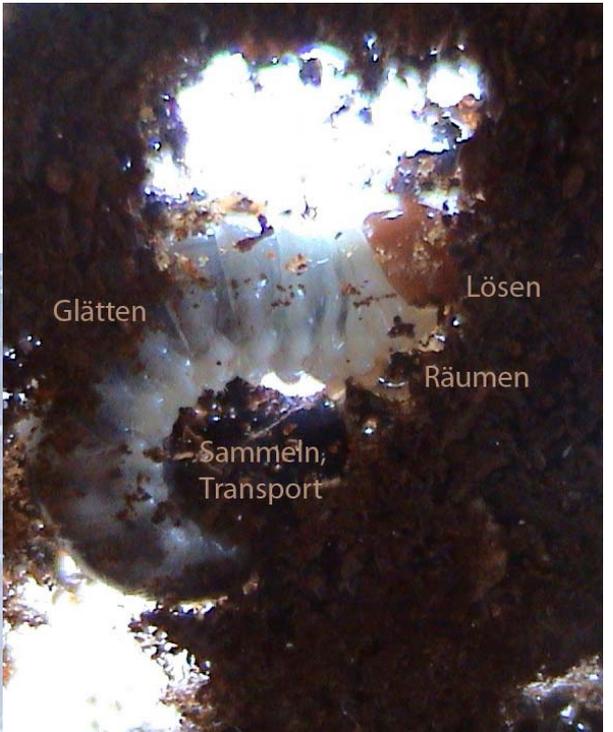
a)



b)



c)



d)

Abb. 8.4: a) Hirschkäferlarve L1 Ende August an Küvettenwand b) Hirschkäferlarve L2, Körpermasse 0,4 g; Körper noch weitgehend durchsichtig, Larve produziert Abwehrflüssigkeit; c) Hirschkäferlarve L3, Körpermasse 2,6 g; d) Verhalten dieser L3-Larve im Gangsystem.



Abb. 8.5: Kotpellet einer L3-Larve.

Verpuppungs- und Metamorphoseverhalten. Die L3-Larven, die kurz vor der Verpuppung standen, bauten sich im Substrat eine so genannte Puppenwiege. Im Insektarium bewegten sie sich aus dem Nahrungssubstrat in stärker erdiges Material. In dieser Phase schieden die Larven anstatt der Kotpellets breiigen, erdigen Kot aus, mit dem sie die Hülle der Puppenwiege anlegten. Durch entsprechende Bewegungen glättete die Larve die Innenwand der Puppenwiege.

Die Metamorphose konnte im Insektarium beobachtet werden, da sie auch bei geöffneter Puppenwiege erfolgreich ablief, wenn Lichtschutz gewährleistet war. Die Metamorphose bestimmte den Ablauf der letzten Monate des Larvendaseins. Der Bau der Puppenwiege begann zwischen Ende April und Anfang Juni und dauerte jeweils ca. 7 Tage. Die L3-Larve lag zunächst mehrere Wochen fast unverändert in der Wiege. Bei Störung wurde eine Larve wieder aktiv und baute eine neue Wiege. Später nahm die Larve an Umfang zu und bewegte sich weniger. Die Larvenhaut wirkte zunehmend pergamentartiger und trockener. Die Analspalte am Abdomen schloss sich. Dieses Stadium wird nach Klausnitzer (1995) auch als Vorpuppe bezeichnet (Abb. 8.6a).

Die sichtbare Verwandlung zur Puppe erfolgte innerhalb eines Tages (Abb. 8.6b). Die Puppe war im Abdominalbereich beweglich, da sie krallenartige Fortsätze

hatte, die ihr ein Abstützen und Drehen in der Puppenhülle ermöglichten. Die Puppenzeit betrug 60 Tage.

Nach Abschluss der Metamorphose im September überwinterten die Imagines in der Puppenwiege (Abb. 8.6c). Die Käfer wechselten in der Hülle häufiger ihre Lage. Im folgenden Frühjahr verließen die Käfer die Wiege und gruben sich bis unter die Erdoberfläche nach oben. Die Gesamtdauer der Entwicklung von der Zygote bis zum Imago betrug im Insektarium drei Jahre.

Aus neun Puppenwiegen schlüpfen sieben Imagines, zwei Männchen und fünf Weibchen. Ein weiteres Männchen lag tot in der Puppenwiege, in einer zweiten Puppenwiege befanden sich am noch Reste der Larvenhülle. Larvengröße und Körpermasse der Larven unmittelbar vor dem Verpuppen im L3-Stadium waren sehr variabel, mit den entsprechenden Konsequenzen für die Größe und Masse der Imagines. Bei den Weibchen (N=5) wogen die Larven zwischen 6,35 g und 10,18 g, die geschlüpften Imagos lagen zwischen 2,26 g und 2,16 g was 35,6% und 21,2% Prozent der Körpermasse der Larve ausmachte. Männchen(N=2) wogen als Larve 6,56 bzw. 12,19 g und als Käfer 1,44 bzw. 2,97 g, was 22 bzw. 24,4 % des Larvengewichtes betrug.

Imaginalbiometrie. Die mittlere Körperlänge und der Variationsbereich der Imagines unterschieden sich nicht von Literaturangaben (Tab. 8.3). Eine Hauptkomponentenanalyse der biometrischen Daten von Imagines, die entweder aus einem Eichenstock oder aus einem Kirschstock geschlüpft waren, zeigte, dass die Baumart der Brutstätte weder einen Einfluss auf die Körperlänge (Hauptkomponente 1; Eigenwert: 7,1; erklärte Varianz: 70,6%) noch auf die körpergrößen-unabhängige Form (HK 2, Eigenwert: 2,4, erklärte Varianz: 23,8%; HK 3, Eigenwert: 0,2, erklärte Varianz: 2,2%;) der Imagines hatte (Abb. 8.7). Die geschlechtsspezifischen Unterschiede wurden jedoch deutlich differenziert.



Abb. 8.6: a) Vorpuppenstadium; b) Puppenstadium; c) Imaginalstadium.

Tab. 8.3. Übersicht zu den Körperlängen von Hirschkäferimagines

	Männchen Mittlere Länge (Minimum – Maximum) N =	Weibchen Mittlere Länge (Minimum – Maximum) N =
Diese Untersuchung	5,44 cm (3,71 - 7,15) N = 82	3,80 cm (3,08 - 4,50) N = 83
Schweiz 1991-1998 (Sprecher-Uebersax 2001)	5,16 cm (3,80 - 6,20) N = 168	3,75 cm (2,80 - 4,30) N = 31
Sammlungen Naturhistorischer Museen (Sprecher-Uebersax 2001)	5,37 cm (3,10-7,90) N=211	3,64 cm (2,60-4,40) N = 102

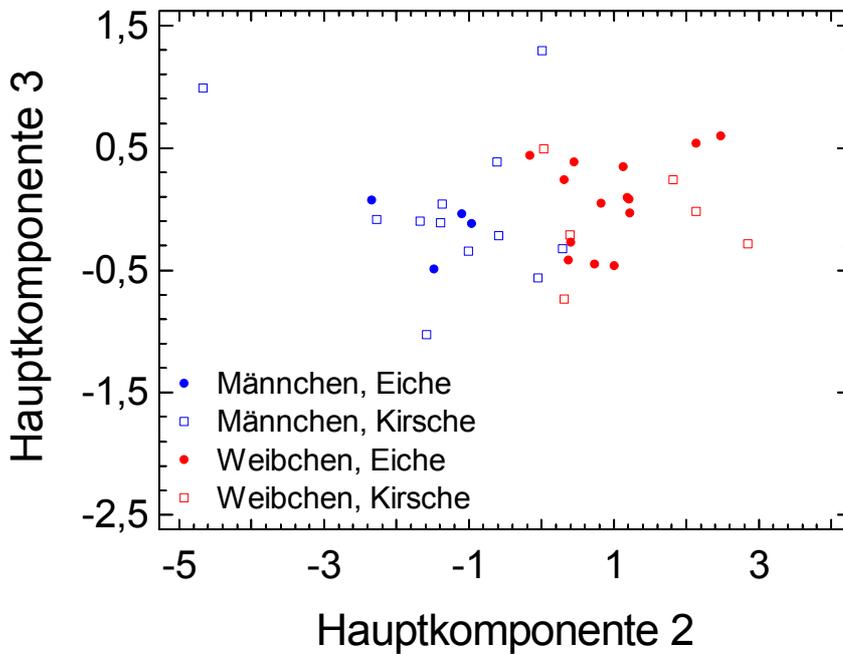
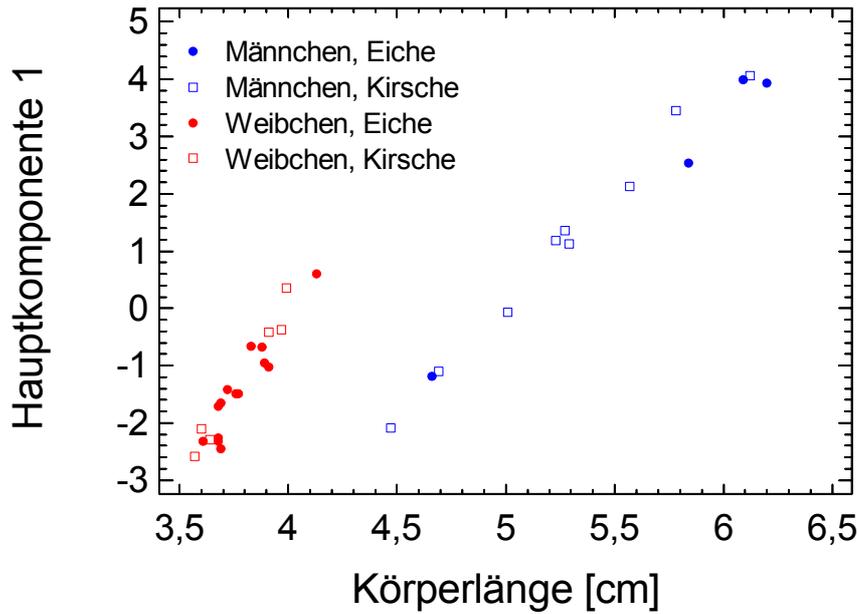


Abb. 8.7: Hauptkomponentenanalyse der biometrischen Kennzeichen von Hirschkäferimagines, die aus einem Eichen- bzw. Kirschenstock geschlüpft waren. Oben: Variabilität der Körperlänge; unten: Variabilität der Körperform. Details im Text.

8.3.3 Experimentelle Beeinflussung der Larvalentwicklung

Frosttoleranz. Die Larven fielen bei Minustemperaturen in eine Starre, die auch über die Frostperiode hinweg noch einige Tage anhielt. Dabei nahmen sie eine fast geschlossene C-Form ein. Temperaturen von bis zu -2 Grad wurden ohne erkennbare Schädigung überstanden. Eine Larve, die zwischen dem 23.02. und 11.03.2005 Temperaturen von bis zu -3 °C im Substrat ausgesetzt war, verstarb Ende März unter stetiger Gewichtsabnahme. Niedrigere Temperaturen führten unmittelbar zum Tod, den Larven gelang es dann nicht mehr, die C-Form einzunehmen, sondern sie lagen tot und lang gestreckt im Substrat.

Überschwemmungstoleranz. Einen siebentägigen Tauchversuch überstanden beide getesteten Tiere, eine Larve und ein Imago. Die Larve verblieb im Substrat in C-Form, ohne das Bewegungen während der siebentägigen Überflutung festgestellt werden konnten. Die Larve lagerte Wasser ein, ihre Körpermasse nahm von 8,6 g auf 9,92 g zu. Etwa zwei Tage nach Ende der Wasserbedeckung begann sie sich wieder zu bewegen und zu fressen. Die Körpermasse sank wieder auf 8,73 g. Da sich die untersuchte Imago in der Puppenwiege befand, konnten ihre spezifischen Reaktionen nicht beobachtet werden. Nach dem Schlüpfen konnten keine Beeinträchtigungen festgestellt werden.

8.3.4 Besiedlungsstruktur einer Brutstätte im Freiland

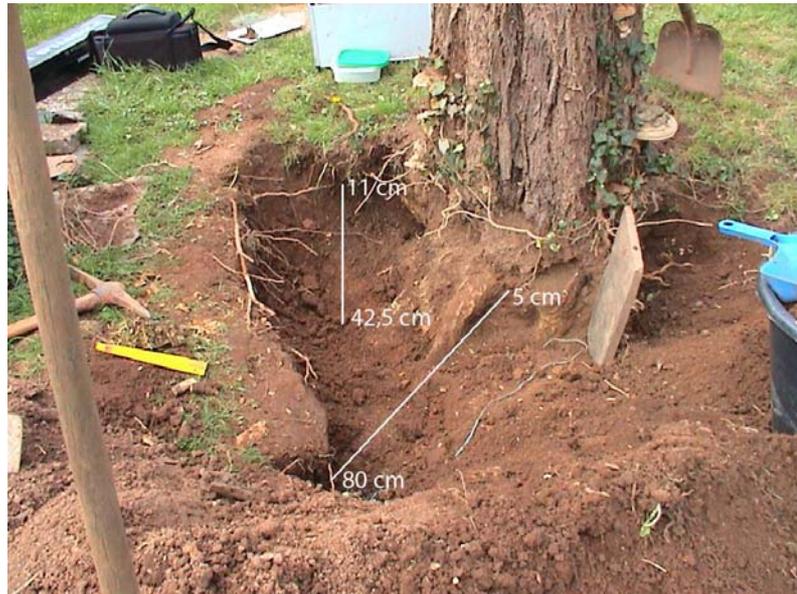


Abb. 8.8: Angegrabene Ostseite des Bruthabitates B 2 mit Tiefen- und Entfernungsangaben.

Die Grabungen an der Brutstätte B2, einer Kirsche mit einem Stockdurchmesser von 60 cm im März/April 2004 werden im Folgenden exemplarisch dargestellt (Abb. 8.8). Im Bruthabitat befanden sich alle Entwicklungsstadien bis hin zum fertigen Käfer (L1-L3-Larven sowie Imagines). Es wurden 25 Individuen gefunden, davon waren zwölf im ersten Larvenstadium, 16 im zweiten, drei im dritten und drei Weibchenimagines. Da unter dem stark dimensionierten Stock nicht gegraben wurde, um die Brutstätte auch in Zukunft nutzbar zu halten, wurden wahrscheinlich nicht alle vorhandenen Hirschkäferstadien erfasst.

Larven wurden zwischen 11 cm bis 42,5 cm Tiefe gefunden, Imagines zwischen 27 cm und 30 cm. Die Radialdistanzen zum Stamm lagen zwischen 5 cm und 80 cm. Die Raumposition (Entfernung zum Stock und Tiefe im Substrat) unterschied sich nicht signifikant zwischen den drei unterschiedenen Larvalstadien (ANOVA, $P > 0,05$). Die Larven des L1 - Stadiums befanden sich in einer mittleren Entfernung von 12,3 cm (10 cm - 15 cm) und in einer mittleren Tiefe von 19,7 cm (11 cm - 20 cm). Die entsprechenden Werte für Larven des L2 - Stadiums betragen $E = 37,6\text{cm}$ (10 cm – 80 cm) und $T = 28,7\text{ cm}$ (14 cm - 46 cm), diejenigen für Larven des L3 - Stadiums $E = 26,7\text{ cm}$ (5 cm – 40 cm) und $T = 22\text{ cm}$ (15 cm – 28 cm). Die Raumposition der drei gefundenen Imagines unterschied sich ebenfalls nicht signifikant von derjenigen der Larven (ANOVA, $P > 0,05$): $E = 33,2\text{ cm}$ (17 cm – 43

cm); T = 24,8 cm (20 cm – 28 cm). Die Larven des L1 - und L2 - Stadiums saßen in der Regel dicht unter der Rinde oder in dünnen Wurzeln. Die des L3 - Stadiums wurden neben Wurzeln in der Erde gefunden. Die Imagines saßen in von innen ausgeglätteten Erdhüllen.

Die Mehrzahl der Entwicklungsstadien befand sich auf der Ostseite des Stockes und war so vom Sonnengang begünstigt. Alle Larven hielten sich stets in einem feuchten Substrat auf. Messungen der Bodentemperatur in 27cm Tiefe (Puppenwiegenstandort) und in 40cm Tiefe ergaben eine fast durchgehend höhere Temperatur in 40 cm Tiefe (Abb. 8.9).

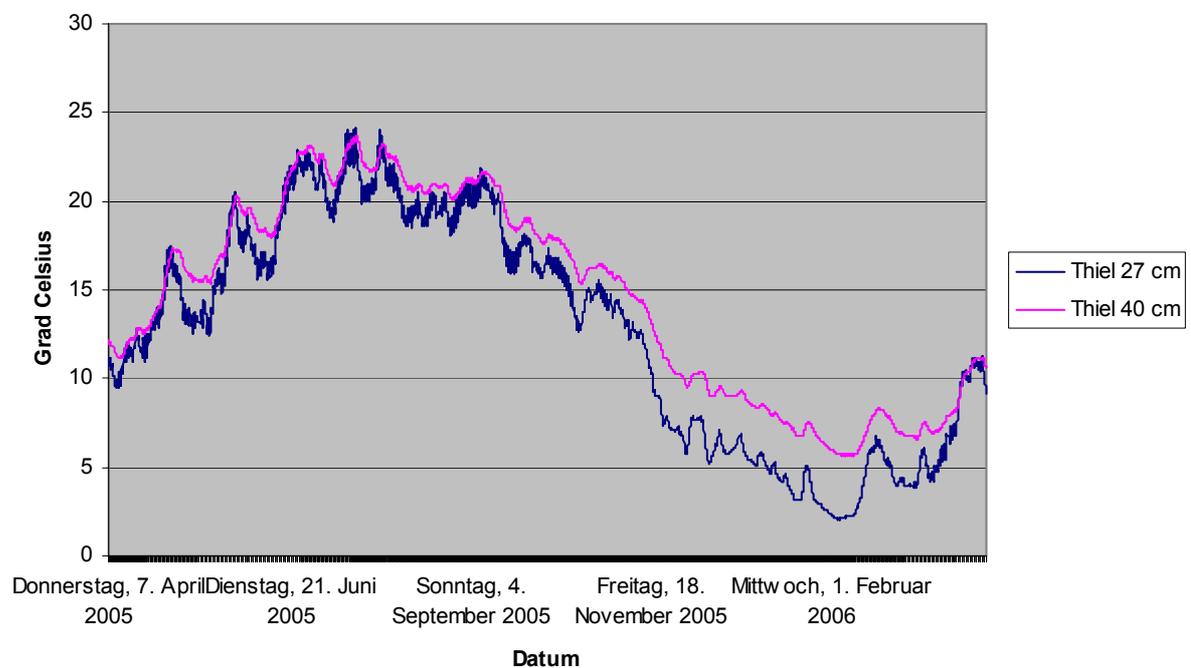


Abb. 8.9: Bodentemperaturen im Jahresgang im Bruthabitates B 2 in 27cm und in 40cm Tiefe.

8.4 Diskussion

Die vorgelegte vergleichende Untersuchung der natürlichen Bruthabitaten im Bereich Alf und Bullay erlaubt eine komplexere Charakterisierung der Bruthabitatansprüche von *Lucanus cervus* in der Kulturlandschaft als bislang. Auch wenn keine Bruthabitate im Wald nachgewiesen werden konnten, kann dessen Nutzung als Bruthabitatstandort nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

8.4.1. Bruthabitatkennzeichen

Baumart, Dimension, Zersetzungsgrad. Bezüglich der Baumart als Bruthabitat zeigten die Hirschkäfer im Untersuchungsgebiet Polyphagie. Tochtermann (1992), Klausnitzer (1995), Sprecher-Uebersax (2001) und Smith (2003) geben in ihren Untersuchungen ebenfalls mehrere Baumarten als Brutsubstrat an. Smith (2003) nennt zudem Straucharten wie *Corylus avellana* und *Crataegus monogyna*. Insgesamt sind 15 Baumarten (keine Nadelbäume!) mit nachgewiesenen Hirschkäferlarvenvorkommen bekannt, und weitere 12, bei denen Eiablagen angenommen bzw. beobachtet wurden (Smith 2003). Eine Bevorzugung der Eiche (*Quercus petraea/robur*), wie von Tochtermann (1987) postuliert, ist nicht nachweisbar. Waldarten spielten weder bei dieser Untersuchung noch bei Smith (2003) eine dominierende Rolle.

Die Dimension des Wurzelstockes ist weniger für die Entwicklung einer einzelnen Generation wichtig, sondern eher für die längerfristige Möglichkeit der Wiederbesiedlung und damit für den Genaustausch innerhalb der Population (vergl. Kapitel 6). Dies wurde bereits von Tochtermann (1987) allein auf die Baumart Eiche bezogen festgestellt. Der notwendige Zersetzungsgrad eines Wurzelstockes für eine erstmalige Besiedlung wird je nach baumartenspezifischen und klimatischen Bedingungen unterschiedlich nach einigen Jahren erreicht (Marti 1998). Hirschkäfer treten immer erst im fortgeschrittenen Zersetzungsstadium auf (Marti 1998). Der Eiche (*Quercus petraea/robur*) kommt hier wegen der höheren Zersetzungsresistenz möglicherweise eine nachhaltigere Wirkung für die Bruthabitatbereitstellung zu. Nach Tochtermann (1992) könnte ein erhöhter Gerbsäuregehalt der Wurzel eine gänzliche Untauglichkeit als Brutsubstrat bewirken. Dies würde für das reichhaltige Angebot an Stöcken durch Winterfällung im Rahmen der Holzernte gelten, welche einen

erhöhten Gerbsäuregehalt durch verstärkte Wintereinlagerung im Wurzelstock besitzen. Diese Theorie vernachlässigt die schlechteren Standortbedingungen in geschlossenen Wäldern und muss kritisch hinterfragt werden. Die Tatsache, dass Eisenbahnschwellen aus Eiche im Offenland besiedelt wurden, wird auch bei Klausnitzer (1995) beschrieben und ist vergleichbar mit der Feststellung von Smith (2003), der imprägnierte Masten als Bruthabitate nennt.

Standort: Wärmeexponierte Offenlandschaften mit tiefgründigen Böden begünstigen die Anlage von Bruthabitaten im Untersuchungsgebiet. Smith (2003) gibt Gartenlandschaften für 75 % seiner Hirschkäferbeobachtungen und Bruthabitate an. Tochtermann (1992) sieht die Tendenz zum Offenland mit einem Abwandern der Hirschkäfer ins Maintal und Sprecher-Uebersax (2001) gibt die Vorkommen um Basel nicht in den großen, unberührten Wäldern, sondern in kleinen Wäldchen dicht neben besiedelten Bereichen an. Insofern bestätigt die vorliegende Untersuchung die in anderen Untersuchungen festgestellten Standortkriterien. Der nach eigener Kenntnis sehr großen Anzahl an geeigneten Bruthabitaten bezüglich Baumart, Dimension und Zersetzungsgrad in den Waldgebieten des Untersuchungsgebietes steht eine im Verhältnis sehr viel geringere Anzahl Habitate im Offenland gegenüber, da zum einen die Baumartenzahl dort geringer ist und die Entstehung von Bruthabitaten unregelmäßiger als im Wald (Holzernte, Totholzinitiativen) erfolgt. Die standörtliche Eignung ist dort aber in aller Regel besser als im Wald. Dieser Aspekt muss bei der von Tochtermann (1992) aufgestellten Gerbsäuretheorie bei der Eiche berücksichtigt werden und bedarf der Klärung. Geeignete Bruthabitate in ungeeigneten Gebieten werden anscheinend nicht besiedelt.

Die Fähigkeit, die Überflutung der Bruthabitate zu überleben, ermöglicht eine Besiedlung der tiefgründigen skelettarmen Auebereiche, in denen stets Offenlandcharakter herrschte. Hochwasser im Moselbereich dauern äußerst selten länger als eine Woche an. Die festgestellte Frostempfindlichkeit stellte im Untersuchungsgebiet während der dreijährigen Untersuchungszeit bezüglich der Standortwahl keinen begrenzenden Faktor dar. Tochtermann (1987) weist ebenfalls auf die Forstempfindlichkeit hin. Oberirdisch bzw. in der Bodenstreu überwinternde Käfer wie beispielsweise der Buchdrucker *Ips typographus* weisen deutlich höhere Frostresistenz auf. So tolerieren Borkenkäferlarven und -puppen Temperaturen von -13 bzw. -17°C. und Imagines bis zu -30°C (Annala 1969). Insgesamt deuten die Bruthabitatansprüche vom Hirschkäfer nicht auf eine Habitatspezialisierung hin. Der

Große Heldbock *Cerambyx cerdo* zum Vergleich hat dem gegenüber sehr enge Standortansprüche. Er braucht lebende, angemoderte Stieleichen (*Quercus robur*), ist also auf eine einzelne Baumart in sonniger Lage spezialisiert und weist darüber hinaus nur eine sehr geringe Bereitschaft zur Polyphagie auf (Neumann 1997).

8.4.2 Larvalentwicklung

Entwicklungsdauer. Die Entwicklungszeit im Insektarium betrug drei Jahre und brachte kleinere Exemplare hervor. Diese relativ schnelle Entwicklung könnte auch die Ursache für die bei Sprecher-Uebersax (2001) und Klausnitzer (1995) beschriebenen kleineren Individuen sein. Im Freiland sind längere Entwicklungszeiten zu erwarten. Aber auch dort kam es zu erheblichen Schwankungen der Imaginalgrößen. In der Literatur werden Entwicklungsdauern von 3 bis 8 Jahren angegeben (Klausnitzer 1995, Zahradnik 1985, Sprecher-Uebersax 2001). Smith (2003) nennt eine Mindestlarvenzeit von drei Jahren, geht also von einer mindestens vierjährigen Entwicklungszeit aus.

Bei den Aufzuchtversuchen konnten drei Entwicklungsstadien der Larven identifiziert werden, die mit der Einteilung von van Emden (1940) nahezu identisch sind. Sprecher-Uebersax (2001) erkennt ebenfalls drei Stadien, Tochtermann (1992) spricht von fünf Stadien, hierfür wurden keinerlei Hinweise gefunden. Im Insektarium wurden die beiden ersten Larvenstadien nach van Emden (1940) bei allen beobachteten Larven sehr schnell innerhalb des ersten Lebensjahres durchlaufen. Eine mögliche Verlängerung im Freiland könnte durch die spezifischen Umweltbedingungen im Bruthabitat verursacht werden. Diese lange Larvalentwicklung endet mit einer kurzen, alle Ressourcen verbrauchenden Imaginalzeit, die ausschließlich von der Fortpflanzung geprägt ist. Diese als überlappende Semelpartie bezeichnete Lebensstrategie (Begon et al. 1996) findet man auch bei anderen Großkäfern wie z.B. dem Eichenheldbock *Cerambyx cerdo*, dem Nashornkäfer *Oryctes nasicornis* oder dem Maikäfer *Melolontha melolontha*. Auch bei diesen wird die Anzahl der Entwicklungsjahre in der Literatur als variabel angegeben. Bei *Oryctes nasicornis* gibt Telnov (2001) 3-5 Jahre für das Gebiet um Cekule (Lettland) an. Für *Cerambyx cerdo* geht man von einem Zeitraum von mindestens drei mit einem Rahmen von 3-5 Jahren aus und für die unterschiedliche Dauer werden Umwelteinflüsse genannt. (Neumann 1997).

Ernährung. Die Hirschkäferlarve kultiviert ihr Nahrungssubstrat, indem sie Gänge anlegt und ausgeschiedene Kotpellets einbaut. Damit unterstützt sie ihre

Endosymbiose mit Pilzen und Bakterien durch vorbereitende Maßnahmen. Das Substrat wird mehrfach durchwandert. Die Larven scheinen hier den gleichen Aufschlussweg wie die Larven des Nashornkäfers (*Oryctes nasicornis*) zu wählen. Diese schließen ihr Nahrungssubstrat durch Endosymbiose mit Bakterien und Flagellaten auf (Rössler 1961). Den Kot bauen sie in Form von Pellets ebenfalls ins Substrat ein und nehmen diese dann später wieder mit auf, was zu einer besseren Aufschließung führt (Bayon 1981). Diese Optimierung der Nahrungssubstraterschließung relativiert den Substratverbrauch, den Tochtermann (1997) bei großen Larven mit 250 cm³ pro Monat angibt, da das Substrat mehrfach durchgefressen wird und folgenden Eiablagen somit möglicherweise bessere Bedingungen für die empfindlichen L1-Larven schafft. Dies würde auch aus Sicht der Larvenentwicklung den Vorteil einer Mehrfachbesiedlung über Jahre hinweg erklären. Hierfür spricht auch die Tatsache, dass sich die Raumpositionen der Larven verschiedener Stadien nicht signifikant unterscheiden.

Dass Käfer im Eichensubstrat (*Quercus petraea/robur*) größer werden als in anderen Baumarten bestätigten Vergleiche der Imaginalbiometrie geschlüpfter Käfer nicht. Die Größenzunahme wird bei der Eiche auf die Substanz Myoinosit zurückgeführt (Tochtermann 1992). Diese Hypothese wurde bereits von Sprecher-Uebersax (2001) kritisch hinterfragt, da dieser sechswertige Zuckeralkohol sowohl in freier als auch gebundener Form in fast allen Pflanzen und Pflanzenteilen vorkommt und ihm deshalb diese begünstigende Wirkung für die Eiche eigentlich nicht zugesprochen werden kann. Die Entwicklungsdauer im Zusammenspiel mit den Umweltbedingungen in der Brutstätte scheint eher für unterschiedliche Käfergrößen verantwortlich als die Baumart.

8.4.3 Kriterien für die Anlage künstlicher Bruthabitate

Anleitungen zur Anlage von Bruthabitaten geben Tochtermann (1987), Roer (1980) und Hawes (1999). Dabei siedelt Roer geschlüpfte Weibchen und Männchen unter einem Drahtgeflecht an, welches die Weibchen nach der Paarung zur Eiablage in darunter liegenden Baumstubben zwingt. Die Notwendigkeit einer Vernetzung wird gesehen, die Abstände von ein bis zwei km (Tochtermann 1997) sind jedoch nach den Ergebnissen der telemetrischen Untersuchungen zu groß (vergl. Kapitel 4). Die Vernetzung muss sich am Flugverhalten der Weibchen orientieren. Freie Mulmanhäufungen über Wurzelstöcken wie Sprecher-Uebersax (2001) und

Tochtermann (1987) anführen, dürften *Lucanus cervus* nur wenig helfen, da der Erdkontakt gesucht wird. Solche Varianten dürften in der Praxis Fraßfeinde anlocken und wären deshalb unbedingt zu vermeiden. Die Nestboxen von Hawes (1999) dagegen erscheinen sehr gut im Bezug auf Fraßfeinde geschützt zu sein, bezüglich des Volumens für eine langfristige Integration des Bruthabitates sowie des notwendigen Erdkontaktes wären Modifikationen durch eine Volumenvergrößerung und Erdzugaben innerhalb des Box möglich. Abschließend nun konkrete Vorschläge für Neuansiedlungen von Hirschkäfern mittels künstlicher Bruthabitats:

Räumliche Lage. Grundvoraussetzung: Sonnige Standorte mit Offenlandcharakter (Streuobstwiesen, Gartenstrukturen, Parks, Ortschaften, Waldränder zu Wiesen und sehr lichte Laubholzwälder), Exposition Südost bis Südwest.

Boden und Umfeld. Es sollten tiefgründige skelettarme Böden ausgewählt werden. In unmittelbarer Nähe der Brutstätte sollte sich ein Baum oder Strauch befinden, der Abflug und Anflug erleichtert.

Baumart und Brutstättenstruktur. Trotz der beobachteten und bekannten Polyphagie innerhalb der Laubbaumarten sind als Baumarten die Eiche und Kirsche zu bevorzugen, um einen möglichst langsamen Zersetzungsprozess zu gewährleisten. Für das Bruthabitat können Wurzeln oder Baumholz verwendet werden. Je stärker umso besser, da der Vorrat länger hält. Die Hölzer müssen eingegraben werden. Rollendurchmesser ab 30 cm sind geeignet, Gesamtvolumen 0,5m³ -1,0 m³ als Untergrenze. Die Strukturierung sollte ähnlich der Verzweigung einer Wurzel erfolgen, damit möglichst viel Angriffsfläche für die Zersetzung und die von außen nach innen vorgehende Arbeitsweise der Larven vorhanden ist.

Schutz vor Fraßfeinden. In Waldnähe bietet sich ein Schutz durch Zaun gegen Schwarzwild an, auf den in der Ortslage noch verzichtet werden kann. Insgesamt schienen die beobachteten Bruthabitats in den Ortslagen von Alf und Bullay nur sehr wenig gefährdet.

Schutz vor Menschen. Ortslagen sind Bereiche, in denen Veränderungen der Landschaft an der Tagesordnung stehen. Vorausschauendes Denken, welche Maßnahmen im Standortbereich direkt oder im Umfeld anstehen, sollten in jedem Fall gemacht werden. Bei Privatgrundstücken sind diese Verhältnisse über Jahre hinweg meist leicht zu klären und der Eigentümer wird in eine Patenrolle für das Bruthabitat kommen. Wesentlich schwieriger sind öffentliche Grundflächen, die wechselnden Verantwortungen und der Beeinflussung durch viele Interessen

unterliegen. Hier sollte nach Möglichkeit der Bruthabitatstandort unter den Gesichtspunkten anthropogener Beanspruchung im Vorfeld abgeklärt werden.

Anlagezeitpunkt. Anlage der Wiege im Sommer, damit im ersten Jahr keine Besiedlung erfolgt und sich das Substrat günstig entwickeln kann. Animpfen Mitte des nächsten Jahres Anfang Juni, damit sich die Larven entsprechend akklimatisieren können.

Vernetzung. Bei Neuanlagen ist unbedingt auf eine Vernetzung zu achten (Details in Kapitel 6). Sie entscheidet, ob die Brutstätte weiterhin besiedelt bleibt. Um eine Vernetzung zu gewährleisten, müssen im Umkreis von max. 500 m besiedelte Brutstätten sein. Um die Integration einer Brutstätte zu gewährleisten, empfiehlt sich ein Animpfen mit Larven im L2 – L3-Stadium. Denkbar wäre so auch eine Vernetzung in einem nicht (mehr) besiedelten Gebiet.

8.5 Literaturverzeichnis

Annala, E. (1969): Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus*. Annales Zoologica Fennica 6 161-207.

Baier, P (1996): Inference of vigor and host quality of Norway spruce, *Picea abies*, towards the development of *Ips typographus*. Entomologia generalis ISSN 0171-8177

Bayon, C. (1981): Ultrastructure de l'épithélium intestinal et flore pariétale chez la larve xylophage d'*Oryctes nasicornis* L. Int. J. Insect Morphol. & Embryol. 10(5/6): 359-371

Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1996): Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell.

BNatSchG, (2002): Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002. BGBl. I S. 1193

Bookstein, F.L., Chernoff, B. C., Elder, R.L., Humphries, J.M., Jr., Smith, G.R. & Strauss, R.E. Morphometrics in evolutionary biology. Acad. Nat. Sci., Phila., 277

Echerlich, K (1923) : Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd.2 – Berlin

Emden, F.I. van (1940): Larvae of British beetles II. A key to the British Lamellicornia Ent. Mon. Mag. 77 117-192

FFH-Richtlinie, (1992): Richtlinie 93/43 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier und Pflanzen Anhang 2 ABl. EG. Nr. L 2067/ vom 22.7.92

Hawes, C (1999): Development next boxes. Suffolk Naturalists Society in Stag beetle - an advice note for its conservation. London Wildlife Trust

- Horion, A. (1958):** Faunistik der mitteleuropäischen Käfer. Band 6: Lamellicornia-Überlingen, 343pp.
- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Klinkner, H. (2000):** Der Mosel-Apollofalter. Naturschutz heute, Ausgabe 2/00 v. 28.04 2000; Nabu
- Marti, T. (1998):** Die Lebenswelt der Käfer. Verlag Freies Geisteswesen Stuttgart
- Müller, G (2005):**Habitatstrukturen holzbewohnender Insekten und Pilze: LÖBF Mitteilung 3/05Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW
- Neumann, V. (1997):** Der Heldbockkäfer, Vorkommen und Verhalten eines vom Aussterben bedrohten Tieres, Alexander Antonow Verlag Frankfurt
- Roer, H. (1980):** Zur Verbreitung und Bestandsdichte des Hirschkäfers *Lucanus cervus* im Rheinland (BRD). Acta Musei Reginaehradecensis S. A Supplementum 1980
- Rössler, M. (1961):** Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Scarabaeidenlarven (*Oryctes nasicornis* L., *Melolontha melolontha* L.) Diss. Naturwiss. Fak. Joh. Gutenberg-Universität: 80pp
- Sprecher-Uebersax, E., Durrer, H. (2001):** Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus* L. mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung. Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft beider Basel 5: 161-182.
- Sprecher-Uebersax, E. (2001):** Studien zur Biologie und Phänologie des Hirschkäfers im Raum Basel mit Empfehlungen von Schutzmassnahmen zur Erhaltung und Förderung des Bestandes in der Region. Dissertation, Universität Basel,
- Smith, M.N., (2003):** National Stag Beetle Survey 2002, London, People's Trust for Endangered Species.
- Strauss, R.E. (1985):** Morphometrics in evolutionary biology. Philadelphia, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 277 S.
- Telnov, D. (2001):** Gefährdete und seltene Wirbellose Lettlands Teil I *Oryctes nasicornis*. Latv. Entomol.38 70-75
- Tippmann, F. (1954):** Neues vom Leben des Hirschkäfers Ent. Bl. 50: 175-183
- Tochtermann, E. (1987)** Modell zur Arterhaltung der Lucanidae Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.

Tochtermann, E. (1992): Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 6: 308-311.

Wermelinger, B (2004) : Ecology and Management of the spruce bark beetle *Ips typographus*- a review of recent research-. Forest Ecology an Management 202 (2004) 67-92

Zahradnik, J. (1985): Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Paul Parey Verlag Hamburg-Berlin

9. Gesamtdiskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchung verändern die bisherigen Vorstellungen vom Leben der Hirschkäfer im Moseltal grundlegend. Mit der Radiotelemetrie kam eine für fliegende Käferarten noch selten angewendete Methode erfolgreich zum Einsatz. Die 56 telemetrierten Käfer ermöglichten einen weiten Einblick in das Verhalten freilebender Hirschkäfer, dieser wurde durch die Anwendung weiterer Methoden ergänzt und hinterfragt. Die themenhafte Darstellung der Untersuchung macht eine Gesamtdiskussion der erarbeiteten Aspekte notwendig. Dabei geht es vor allem darum, die Erkenntnisse im Moseltal im bisherigen Wissenstand über den Hirschkäfer einzuordnen und Folgerungen für den Schutz der Art ziehen zu können.

Methodik. Die Kartierung (Meldungen) und Radiotelemetrie ermöglichten den Zugang zu den Strukturen der lokalen Population. Die Kartierung mittels Sensibilisierung der Öffentlichkeit erwies sich dabei als eine erfolgreiche Methode, fand aber ihre Grenzen im Wald und im überregionalen Bereich. Smith (2003) nennt diese Problematik ebenfalls. Für Waldbereiche sollte nach einer praktikablen Methode gesucht werden. Die Kartierung muss zeitlich zwei bis drei Jahre vor einer Telemetrie einsetzen, sofern nicht bereits nähere Informationen über die Strukturen der zu untersuchenden Population vorliegen und sollte dabei zwecks besserer Aussagekraft in aufeinander folgenden Jahren und nicht in Intervallen wie bei Smith (2003) erfolgen. Kartierung und Radiotelemetrie führten zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der aufgesuchten Habitatstrukturen, ein Aspekt, der sicherlich auch für die Untersuchung anderer Tierarten von Bedeutung ist. Insbesondere das Brutstättenmonitoring im Zusammenhang mit der Markierung war eine sehr personalintensive Maßnahme, die aber für die Beantwortung der Fragestellungen wertvolle Informationen lieferte. Die Ermittlung der Daten zur Morphometrie unter dem Aspekt des Konditionsverlaufes half, den zeitlichen Ablauf im Käferleben zu verstehen und die ermittelten Käferdurchschnittswerte erlaubten die Vergleiche mit anderen Untersuchungen. Kritisch muss man die Grabungen bewerten, sie sind in gewissem Umfang notwendig, beeinträchtigen aber ein vorhandenes Habitat sehr stark. Die Anlage von Bruthabitaten mit spezieller Bauweise zwecks unterirdischem Monitoring könnte eine Alternative für weitere Untersuchungen sein. Die einzelnen Methoden ergänzten sich im Laufe der Jahre und gaben immer mehr Einblicke in die

lokale Population frei. So klärte sich beispielsweise der längere Männchenaufenthalt an einem Standort im Folgejahr durch eine sehr frühe Käfermeldung in wenigen Metern Entfernung als Besuch einer Brutstätte auf. Untersuchungen dieser Art benötigen lange Zeiträume. Tochtermann (1992) und Sprecher-Uebersax (2001) greifen in ihren Publikationen ebenfalls auf fünf- bis achtjährige Beobachtungszeiten zurück.

Imaginalleben. Das Imaginalleben der Hirschkäfer richtet sich ganz auf eine erfolgreiche Fortpflanzung aus. Diese für semelpare Arten charakteristische Ausrichtung weist im Umgang mit aufgebauten Ressourcen signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede auf (Begon et al. 1996). Mobilitätsverhalten und Habitatnutzung zeigen Unterschiede, die durch unterschiedliche Anforderungen an die Geschlechter während der kurzen Fortpflanzungszeit zweckmäßig sind. Während die Männchen ein hohes Investment in die erfolgreiche und häufige Paarung aufwenden, werden Weibchen in der Regel aufgesucht und suchen selbst nur selten, aber vorkommend, aktiv Männchen auf. Männchen spielen im Fortpflanzungsgeschehen nur bis zur Paarung eine Rolle. Für die Weibchen beginnt nach der Paarung die aufwändige Bruthabitatsuche und Eiablage. Die zeitversetzten und unterschiedlich langen Lebenszyklen der Geschlechter kommen diesem Fortpflanzungsverhalten entgegen. Ganz im Sinne einer effektiven Einsetzung der Ressourcen ist die Eigenschaft zu sehen, bei sehr schlechten Wetterphasen über Tage auszuharren oder das Warten an der Brutstätte auf schlüpfende Weibchen. Dies lenkt die Ressourcen konzentriert in erfolgversprechendere Phasen. Hirschkäfer zeigen mit der Paarung im Brutstättenbereich Alternativen im Fortpflanzungsverhalten (Kap. 6) Dies schont die Kräfte und ermöglicht auch bei anhaltend schlechter Witterung Paarungserfolge. Das grundsätzliche Bestreben beider Geschlechter, das Geburtshabitat zu verlassen, bewirkt jedoch verstärkte Durchmischung und Konkurrenz (Alcock 1996). Hirschkäfer verlieren an Kondition was auf die sehr begrenzte Lebensdauer hinweist und auf eine nachlassende Fitness im Bezug auf die Fortpflanzung.

Lebensraumansprüche und Bruthabitat. Die bisher propagierten Lebensraumansprüche von *Lucanus cervus* sollten aufgrund der Untersuchungsergebnisse sowie der bei anderen Untersuchungen aufgetretenen Habitatpräferenzen überdacht werden. Die in der Literatur hervorgehobene Stellung als Waldart sowie die überragende Bedeutung der Eiche *Quercus petraea/robur* als Brut- und

Nahrungshabitat kann so nicht mehr gehalten werden bzw. muss regional überprüft werden. Für den Brutraum sind der Zersetzungsgrad des Stockes, seine Dimension aber vor allem der Standort maßgeblichere Faktoren für die Besiedelung als die Baumart. Für die Nahrung kommen neben Eichensaft auch Säfte anderer Baumarten sowie von Früchten in Frage. Smith (2003) beschreibt diese Polyphagie ebenfalls deutlich. Krenn et al. (2002) beschreiben, dass sich Hirschkäfermännchen durch reife Kirschen anlocken lassen. Dass der Wald als Lebensraum abkömmlich ist, ist bereits bekannt, Streuobstwiesen und Parks werden aber nur als so genannte Sekundärlebensräume in der Literatur beschrieben. Es ist folgerichtig, diese Lebensräume als sekundär zu bezeichnen, wenn man davon ausgeht, dass sie vom Menschen geschaffen wurden. In der Bedeutung für die Art sind es heute aber wohl eher gleichwertige Primärlebensräume. Smith (2003) sieht für Großbritannien nicht Wald als eigentlichen Lebensraum, sondern die Gartenlandschaft um die Siedlungen herum.

Die vorliegende Untersuchung beschreibt zwar dank der Radiotelemetrie noch Kontakte zum Wald, aber auch hier liegen alle lokalisierten Bruthabitate außerhalb des Waldes. Die Käfer beiderlei Geschlechtes sind in ihrem Verhalten weitestgehend auf Baum- und Strauchstrukturen fixiert, aber nicht auf zusammenhängenden Wald. Wälder, in denen auch die Ansprüche an das Bruthabitat erfüllt sind, müssen sehr aufgelichtet sein oder es sind die äußeren, stark besonnten Waldränder zu Offenlandnutzungen hin. Aufgrund der in der Untersuchung ermittelten Lebensraumansprüche erscheint es folgerichtig, dass er die vom Menschen offen gehaltenen Landschaftsstrukturen bevorzugt. Der Hirschkäfer im Untersuchungsgebiet und entlang von Mosel, Rhein und Lahn ist damit ein typischer Kulturfolger. In Regionen, in denen andere Waldstrukturen herrschen, mag dies anders sein. Klärende und vergleichende Untersuchungen zu Vorkommen in und an Waldgebieten unterschiedlicher Strukturen sind daher dringend notwendig. Die ihm zugeordneten Habitatansprüche sollten aber in jedem Falle primär an den Ansprüchen an das Bruthabitat und dessen Umfeld definiert werden. Die Notwendigkeit, auf das Vorhandensein von Saftbäumen zu achten wie Tochtermann (1992) formuliert, wird nicht gesehen.

Die geschilderte Situation im Moseltal wirft zwangsläufig die Frage auf, wie *Lucanus cervus* dort im Verlauf der Waldgeschichte insbesondere auch vor der anthropogenen Beeinflussung seine Ansprüche erfüllen konnte. Die Auflichtung der

Urwälder kann durch Windwurf, Feuer und beschleunigte Destabilisation in Hanglagen während der Zerfallsphasen erfolgt sein, vor allem aber auch durch Großherbivore geschaffen und erhalten worden sein (Whittaker 1996, Schuster 1990, Bunzel-Drüke et al. 1994). Die menschliche Beeinflussung der Wälder im Moseltal begann bereits mit Kelten und Römern durch Weinbau und Holznutzung. Die ausbeuterische Waldnutzung verbunden mit einer Bevölkerungszunahme im Mittelalter sorgte zusammen mit der später einsetzenden Gerbrindegewinnung (Kap. 2) für eine Übernutzung und damit Auflichtungen (Remmert 1985, Schröder 1983). Die intensive Nutzung in Form der Niederwaldwirtschaft kam ab 1950 im Moseltal zum Erliegen. Die Niederwälder entwickelten sich zu geschlossenen Waldungen. Der Hochwald (Wirtschaftswald) entstand ab 1800 vor allem auf den ebeneren Lagen und zog ebenfalls geschlossene Wälder heran. Es blieben die offenen Tallagen.

Gefährdung. Im Untersuchungsgebiet scheinen Hirschkäfer zurzeit in ihrem Bestand nicht existentiell gefährdet. Historische Betrachtungen schildern zwar wesentlich häufigere Käfervorkommen bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts, wobei es zwar an quantitativen Aufzeichnungen mangelt, die jedoch aufgrund der intensiven Niederwaldwirtschaft im Kahlschlagsbetrieb (Freiflächen mit Stöcken) und des höheren Streuobstanteiles um die Ortschaften nachvollziehbar sind. Diese wahrgenommene Veränderung ist aber auch sicherlich Ausdruck eines sich ändernden Umweltverhaltens der Bevölkerung, das heißt, Hirschkäfer fallen uns heute nicht so leicht auf wie früher. Hierfür spricht auch die Meldungszunahme nach Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit. Die Hirschkäferpopulation war und ist im Untersuchungsgebiet den menschlichen Bauaktivitäten ausgesetzt. Ihre Brutstätten liegen dort. Dennoch haben sie die massive Veränderung in der Landschaft in Alf und Bullay überstanden, wobei in keiner Weise explizit auf ihre Brutstätten Rücksicht genommen wurde. In etablierten Baugebieten sind die vorhandenen Brutstätten meist über lange Zeiträume gut geschützt. Zerstörungen erfolgen sicherlich im Einzelfall, durch Fällarbeiten und Absterben von Bäumen entstehen aber dort auch neue Bruthabitate. Bei Neuausweisungen von Baugebieten droht aber eine weitere Fragmentierung noch unberührter Offenlandbiotope, meist Streuobstwiesen, Diese für das Untersuchungsgebiet dargestellte Situation dürfte für viele Ortschaften des Mosel- und Rheintales sowie deren Nebenflüsse gelten. Um hier quantitative Aussagen über die Gefährdung zu ermitteln, müsste eine solche lokale Untersuchung turnusmäßig in Abständen von etwa fünf bis zehn Jahren wiederholt

werden und die Veränderungen der Population mit Veränderungen und Eingriffen in die Landschaft verglichen werden. Hier kommt die Problematik des langen Entwicklungszeitraumes und der Verschachtelung der Generationen zum Ausdruck. Letztendlich muss auch eine Klärung über eventuelle Waldvorkommen erfolgen.

Hirschkäferschutz durch Gesetze. Hirschkäfer sind seit Beginn der Naturschutzgesetzgebung in Deutschland unter Schutz gestellt. Heute haben sie europaweiten Schutz, sie sollen durch den gesetzlichen Schutz gefördert werden. Käfer, Entwicklungsstadien und Brutstätte sind geschützt. Dieser Schutz greift in einem so stark anthropogen geprägten Untersuchungsgebiet wie hier nicht. Der Schutz des Imagos, insbesondere des Männchens stellt dabei das geringere Problem dar, in erster Linie geht es um die fehlende Kenntnis zu Entwicklungsstadien und Brutstätten. Dies betrifft den Gartenbesitzer, der seinen Garten umgestaltet, aber vor allem Neubauten oder gar die Ausweisung neuer Baugebiete. Hier treten Zielkonflikte auf, die man bei Einzelbauten durch Umsiedlung etc. lösen kann und bei der Neuausweisung eines Baugebietes im Rahmen der Planung abwägen müsste. In der Praxis erfolgte dies aber nicht, da die Vorkommen der Bruthabitate nicht bekannt und deshalb nicht diskutiert werden. Der gesetzliche Naturschutz erreicht den Hirschkäfer in Gebieten wie um Alf und Bullay nicht ausreichend wirksam. Hirschkäfer werden auch immer wieder in FFH-Gebieten aufgeführt, hier müsste im Einzelfall ebenfalls eine Überprüfung erfolgen, ob die tatsächlichen Bruthabitatstandorte erfasst bzw. bekannt sind.

Schutzmaßnahmen. Aus der vorliegenden Untersuchung lassen sich Schutzmaßnahmen für *Lucanus cervus* ableiten. Diese Maßnahmen können sich auf den Schutz der Lebensräume oder aber auf das Bruthabitat oder ggf. einzelne Bäume oder Baumgruppen für die Paarung beziehen. Zunächst zeigt die Untersuchung (Kapitel 3), dass man über Hirschkäfervorkommen in einem Gebiet erst über einige Jahre hinweg einen Überblick erlangt, erst dann können Schutzmaßnahmen, wenn notwendig, gezielt eingesetzt werden. Praktikable Methoden zur Informationsbeschaffung sind Freilandbeobachtungen und Kartierung mit Unterstützung durch Medienaufrufe. Sie können bis zur engeren Eingrenzung von Bruthabitaten führen (Kap. 3). Tochtermann (1992) gibt künstliche Brutstätten als Sensoren für eventuelle Käfervorkommen im Umkreis von zwei bis drei km an. Aus der Erkenntnis, welche eine zentrale Bedeutung die Brutstätte auch für die Geschlechterfindung hat (Kap. 6), sind künstlichen Brutstätten allein zu

Monitoringzwecken wenig geeignet, da ihnen zunächst die entscheidende Lockwirkung fehlt und eine Besiedlung daher auch bei Vorkommen von Hirschkäfern nicht gewährleistet ist. Dass sie Vorkommen im Umkreis von zwei bis drei km anzeigen, erscheint aus dem gezeigten Flugverhalten der Weibchen während der Telemetrie (Kap. 4) unwahrscheinlich.

Maßnahmen zum Hirschkäferschutz werden in der Literatur von Hawes (1999), Roer (1980), Sprecher-Uebersax (2001) und Tochtermann (1987/1992) beschrieben. Es wird neben dem Bau von künstlichen Brutstätten auch der Makrohabitatschutz empfohlen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung liefern weitere Informationen über die Kriterien für künstliche Brutstätten und spezifizieren aber das Makrohabitat für den Schutz in neue, schwieriger zu managende Bereiche (Kap. 4, 7, 8), das Offenland und hier die Ortschaften.

Vorhandene Brutstätten, die noch mit Larven besiedelt sind, deren Substratvorrat aber erkennbar zu Ende geht, können durch Angliederung einer künstlichen Brutstätte dort gehalten werden. Dies kann vor allem bei sehr sicheren Standorten in der Ortslage der Fall sein. Vorteil ist hier, dass der Standort bewährt und geschützt ist. Der wirkungsvolle Einsatz künstlicher Nesthabitate sollte ansonsten durch ein Animpfen mit L2- bzw. L3-Larven unterstützt werden, da eine Besiedlung außer bei Distanzen von bis zu 50 - 100 Metern zum nächsten Bruthabitat eher zufällig wäre. Die Entwicklung eines praxisreifen Verfahrens für die Nachzucht zu diesen Zwecken wäre dafür notwendig. In bereits bebauten Gebieten, aber vor allem bei der Neuausweisung von Baugebieten, muss auch die Umsiedlung einer Brutstätte in Betracht gezogen werden, um die Zerstörungen zu verhindern. Ideal ist hier der Einsatz einer Glockenfräse, wie sie bei der Sicherung von Stöcken im Bereich des Flughafens Frankfurt im Jahr 2005 zum Einsatz kam. Dort wurden 50 Eichenstöcke für 70.000 Euro umgesiedelt (Rhein-Main Net 2006). Schlupfmeldungen für 2006 sind erfolgt. Diese Spezialmaschinen werden in der Praxis allerdings kaum verfügbar sein, zudem ist der Einsatz sehr teuer. Das Bruthabitat wird aber dafür nahezu unversehrt verbracht. Selbst sorgfältige Grabungen mit Hacke, Schaufel und Hand bringen Verluste, vor allem bei den sehr empfindlichen Junglarven. Je nach Struktur des Stockes kann der Einsatz einer großen Baggerschaufel eine Möglichkeit sein, Erde und Wurzel zusammen möglichst unversehrt zu entnehmen. Günstigster Zeitpunkt einer Umsiedlung dürfte Anfang März sein, da gestörte Imagines dann nicht mehr allzu lange auf ihren natürlichen

Schlupf warten müssen, aber andererseits durch noch kühle Witterung noch einmal etwas zur Ruhe kommen und Junglarven schon relativ gut erkennbar sind. Die Entfernung zum Entnahmeort sollte, wenn das Bruthabitat in Beziehung zur Population eingebunden bleiben soll, maximal 400 bis 500 Meter entfernt angesiedelt werden. Die Kriterien für Bruthabitatstandorte (Kap. 8) müssen erfüllt sein. Die Kriterien von Tochtermann (1987) beziehen sich für Untersuchungsgebiete wie das vorliegende zu sehr auf die Eiche und die Abstände zwischen den Brutstätten sind mit 1 bis 2 km zu groß (Kap. 4, 6 und 8).

Da der gesetzliche Naturschutz den Hirschkäfer in den Ortslagen mangels Kenntnis und damit Aufgreifen der Problematik nicht erreicht, ist zunächst Öffentlichkeitsarbeit angesagt, denn in Ortslagen ist zur Sicherung von Bruthabitaten und des dafür notwendigen lebenden Baum- und Strauchbestandes vor allem Verständnis und Akzeptanz bei der Bevölkerung notwendig. Im Laufe der Untersuchung entwickelte sich eine Identifikation mit der Thematik innerhalb der beiden Ortschaften Alf und Bullay. Schwierige Konfliktbereiche betrafen immer geplante Baumaßnahmen, hier ging in dem einen oder anderen Fall dann die Dialogbereitschaft verloren, obwohl sich Lösungen angeboten hätten. Gemäß Landespflegegesetz Rheinland-Pfalz können die Gemeinden durch Baumschutzsatzungen den Schutz von Bäume oder Grünbestände regeln (LPflG 2005) Eine solche Satzung macht aber ebenfalls nur bei überwiegender Akzeptanz bei den Bürgern einen Sinn, diese ist im ländlichen Raum bisher wenig verbreitet. Im Kreis Cochem-Zell gibt es bisher nur in zwei der 92 Gemeinden eine solche Regelung. Anders sieht es für die öffentlichen Planungsträger aus, im Rahmen der Bauleitplanung und Ausweisung von Baugebieten müsste der Hirschkäfer in das Bewusstsein der Landespflege gelangen, dies muss eingefordert werden.

10. Gesamtliteraturverzeichnis

- Alcock, J. (1996):** Das Verhalten der Tier aus evolutionsbiologischer Sicht. Fischer Verlag, Stuttgart : 295-331
- Annala, E. (1969):** Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus*. Annales Zoologica Fennica 6 161-207.
- Ant, H. (1973):** Beobachtungen zur Biologie des Hirschkäfers. Natur und Heimat (Münster-Westfalen), 33 87-92.
- Baier, P (1996):** Inference of vigor an host quality of Norway spruce, *Picea abies*, towards the development of *Ips typographus*. Entomologia generalis ISSN 0171-8177
- Bayon C. (1981):** Ultrastructure de l'épithélium intestinal et flore pariétal chez la larve xylophage d'*Oryctes nasicornis* L. Int. J. Insect Morphol. & Embryol. 10(5/6: 359-371
- Beaudoin-Ollivier, L., Bonaccorso, F., Aloysius, M. & Kasiki, M. (2003):** Flight movement of *Scapanes australis australis* (Boisduval) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Papua New Guinea: a radiotelemetry study. *Aust. J. Entomol.* **42**: 367-372.
- Bechtle, W. (1977):** Hirschkäfer sind große Süffel. Kosmos Stuttgart 73: 1977/647-654
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1996):** Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell.
- Bellmann, H. (1999):** Der neue Kosmos-Insektenführer. Franckh-Kosmos Verlag Stuttgart : 50
- BNatSchG, (2002):** Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002. BGBl. I S. 1193
- Bookstein, F.L., Chernoff, B. C., Elder, R.L., Humphries, J.M., Jr., Smith, G.R. & Strauss R.E.** Morphometrics in evolutionary biology. Acad. Nat. Sci., Phila., 277
- Botterweg, P.F. (1982):** Dispersal and flight behavior of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex size and fat content. *Z. Angew. Entomol.* **94**: 466-489.
- Braun, U. & Lambert, D. (2005):** Zum Vorkommen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) im Naturpark Nassau. Zweckverband Naturpark Nassau. Unveröffentlichtes Gutachten.
- Bunzel-Drüke, M., Drüke J. & Vierhaus H. (1994):** Quaternary Park- Überlegungen zu Wald, Mensch und Megafauna. Info Arbeitsgem. Biol. Umweltschutz/Soest 93/4-94/1: 4-38

- Capaldi, E. A., Smith, A. D., Osborne, J. L., Fahrbach, S. E., Farris, S. M., Reynolds, D. R., Edwards, A. S., Martin, A., Robinson, G. E., Poppy, G. M. & Riley, J. R. (2000):** Ontogeny of orientation flight in the honeybee revealed by harmonic radar. *Nature* **403**: 537.
- Carreck, N. L., Osborne, J. L., Capaldi, E. A. & Riley, J. R. (1999):** Tracking bees with radar. *Bee World* **80**: 124–131.
- Conconi, J.R.E. DE (1982):** Los insectos como fuente de proteínas en el futuro.- Editorial Limusa Mexico
- Döhring, E. (1955):** Zur Biologie des Großen Eichenbockkäfers (*Cerambyx cerdo* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsbewegungen im Areal. Zeitschrift für angewandte Zoologie **42**: 251-373.
- Echerlich, K (1923) :** Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd.2 – Berlin
- Eisler, C. (1991):** Dürer's animals.-Smithsonian Institution Press, Washington und London
- Emden, F.I. van (1940):** Larvae of British beetles II. A key to the British Lamellicornia Ent. Mon. Mag. **77** 117-192
- Emeln, D.J. (1997):** Alterantive reproductive tactics and male-dimorphism in the horned beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera Scarabaeidae). Behav. Ecol. Sociobiol. **41**: 335-341.
- FE (1990):** Forsteinrichtungswerke der Gemeinden Alf, Bullay und Pünderich 1990. Forstamt Zell
- FFH-Richtlinie, 1992:** Richtlinie 93/43 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier und Pflanzen Anhang 2 ABl. EG. Nr. L 2067/ vom 22.7.92
- France, K.E. & Duffy, E. (2006):** Diversity and dispersal interactively affect predictability of ecosystem function. *Nature* **44**: 1139-1143.
- Galante, E. & Verdú, J. R. (2000) :** Los artrópodos de la “Directiva Hábitat” en España. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Hanski, I. A. & Gilpin, M. E., eds. (1997):** *Metapopulation biology: Ecology, genetics, and evolution*. San Diego, London, Boston, New York: Academic Press.
- Harvey, D. J. & Gange, A. C. (2003):** Presentation on size variation in the stag beetle. Proceedings of the second pan-European conference on Saproxylic Beetles. London, People's Trust for Endangered Species.

- Harde, K. (1998):** A Field guide in colour to beetles. Leicester, Blitz Editions.
- Harvey, D. J. & Gange, A. C. (2006):** Size variation and mating success in the stag beetle, *Lucanus cervus*. Physiological Entomology, online early. doi: 10.1111/j.1365-3032.2006.00509.x
- Hawes, C (1999):** Development nest boxes. Suffolk Naturalists Society in Stag beetle- an advice note for its conservation. London Wildlife Trust
- Hedin, J. & Ranius, T. (2002):** Using radio telemetry to study dispersal of the beetle *Osmoderma eremita*, an inhabitant of tree hollows. Computers and Electronics in Agriculture **35**: 171-180.
- Heinrich, B. (1971):** Temperature regulation of the Sphinx moth, *Manduca sexta*. I. Flight energetics and body temperature during free and tethered flight. *J. Exp. Biol.* **54**: 141-152.
- Heinrich, B. & Bartholomew, G.A. (1971):** An analysis of pre-flight warm-up in the Sphinx moth, *Manduca sexta*. *J. Exp. Biol.* **55**: 223-239.
- Horion, A. (1949):** Käferkunde für Naturfreunde. Frankfurt/Main
- Horion, A. (1958):** Faunistik der mitteleuropäischen Käfer. Bd. 6, Lamellicornia. Überlingen-Bodensee, 343pp.
- Hymann, P.S. (1992):** A review of the scarce and threatened Coleoptera of Great Britain. Part 1. U.K. Nature Conservation: 3. Peterborough Joint Nature Conservation Committee.
- Jacobs, W. & Renner, (1998):** Biologie und Ökologie der Insekten. Fischer Verlag;
- Kenward, R. (1987).** Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis. London: Academic Press.
- Klausnitzer, B. (1995):** Die Hirschkäfer. Neue Brehm-Bücherei 551. Westarp-Wiss., Magdeburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Klausnitzer, B. (2002):** Wunderwelt der Käfer. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg-Berlin 196.
- Klinkner, H. (2000):** Der Mosel Apollofalter. Naturschutz heute, Ausgabe 2/00 v. 28.04 2000; Nabu
- Koch, K. (1968):** Käfer der Rheinprovinz, Decheniana-Beihefte Nr. 13
- Krenn, H., Pernstich A., Messner T., Hannappel U. & Paulus, H. (2002):** Kirschen als Nahrung des männlichen Hirschkäfers *Lucanus cervus*. Entomologische Zeitschrift 112 (6): 165-170.

- Kretschmer, K. (2003):** Hirschkäfer in Nordrhein-Westfalen. Unveröffentlichtes Gutachten i.A. LÖBF NRW. November 2003.
- Lobinger G. & Skutalla U. (1996) :** Untersuchungen zu Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anzeiger für Schädlingskunde 69: 183-185.
- Lopez-Colon, J.I. (2000):** Familia Lucanidae. In: Coleoptera, Scarabaeoidea I, Martin-Piera, F. & Lopez-Colon, J.I., Hrsg. Fauna Iberica 14. Museo nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.
- Lorch, P.D. & Gwynne, D.T. (2000):** Radio-telemetric evidence of migration in the gregarious but not the solitary morph of the Mormon cricket (*Anabrus simplex*: Orthoptera: Tettigoniidae). *Naturwiss.* **87**: 370-372.
- LPfIG (2005): Landespflegegesetz Rheinland-Pfalz i. d. Fassung v. 1979, geändert 05.04.2005 § 20 (3). GVBL: S 98
- Luce, J.-M. (1997):** *Lucanus cervus* (Linneaus, 1758), 53-58p. In: Background information of Invertebrates of Habitats Directive and the Bern Convention. Part I Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera. Helsingen, P.J., Willemse, L. & Speight, M.C.D. (Hrsg.) Nature and Environment, nr. 79. Council of Europe.
- Lucht, W. (1987):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. Internat. ent. Ver. 12: 89-105
- Lucht, W. (1987):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. 2. Fortsetzung Internat. ent. Ver. 19: 147-152
- Lucht, W. (1991):** Philatelistische Koleopterologie-Mitt. 1. Fortsetzung Internat. ent. Ver. 16: 153-158
- Marti, T. (1980):** Zur Fortpflanzungsbiologie des Totengräbers *Necrophorus vespilloides*. unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Bern.
- Marti, Thomas (1988):** Die Lebenswelt der Käfer, Verlag freies Geistesleben Stuttgart
- Mech, L.D. (1983):** *Handbook of Animal Radio-Tracking*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Meteosarret (2004):** Hans Braun, Meteosarret Wetterstation 56859 Bullay, unveröffentlicht
- MUF (1994):** Ministerium für Umwelt und Forsten 1994, Forstatlas-Beiheft, Mainz
- MUF (1997):** Ministerium für Umwelt und Forsten 1997, Leitbild der Forstwirtschaft

- Müller, T. (2001):** Hirschkäfer (*Lucanus cervus*), 306-310p. In: Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten, Fartmann, T., Gunnemann, H., Salm, P. & Schröder, E. (Hrsg.). Bundesamt für Naturschutz, Angewandte Landschaftsökologie.
- Müller, G. (2005):** Habitatstrukturen holzbewohnender Insekten und Pilze: LÖBF Mitteilung 3/05 Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW
- Naturschutzverbände (2003):** Stellungnahme v. NABU, BUND und GNOR zur FFH-Nachmeldung des Landes Rheinland-Pfalz v. 18.06.2003.
- Neumann V. (1997):** Der Heldbockkäfer, Vorkommen und Verhalten eines vom Aussterben bedrohten Tieres, Alexander-Antonow-Verlag Frankfurt
- Nitsche, L. (1996):** Der Hirschkäfer - Eine Leitart für Altholzbestände der Eiche. Jahrbuch Naturschutz in Hessen 1: 218-220.
- Nüssler, H. (1967):** Unser Hirschkäfer und seine Verbreitung in Sachsen. Naturschutzarbeit und naturkundliche Heimatforschung in Sachsen 9: 76-83.
- Okada, Y. (2005):** Size-dependent precopulatory behavior as mate securing tactic in the Japanese stag beetle, *Prosopocoilus inclinatus* (Coleoptera, Lucanidae). Japan Ethological Society, online early doi 10.1007/s10164-004-0134-2
- Osborne, J. L., Clark, S. J., Morris, R. J., Williams, I. H., Riley, J. R., Smith, A. D., Reynolds, D. R. & Edwards, A. S. (1999):** A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. *J. Appl. Ecol.* **36**: 519-533.
- Poethke, H. J., Hovestadt, T. & Mitesser, O. (2003):** Local extinction and the evolution of dispersal rates: Causes and correlations. *Am. Nat.* **161**: 631-640.
- Ranius, T. & Hedin, J. (2001):** The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia* **126**: 363-370.
- Ratzeburg, J.T.C. (1839):** Die Forstinsekten. T.1-Berlin
- Regionaler Waldbericht (2005):** Regionaler Waldbericht Rheinland-Pfalz, PEFC Arbeitsgruppe 2005Waldbesitzerverband Rheinland-Pfalz e.V.; Ministerium für Umwelt u. Forsten Rheinland-Pfalz.
- Remmert, H. (1985):** Der vorindustrielle Mensch in den Ökosystemen der Erde. *Naturwissensch.* **72**: 627-632
- Riecken, U. & Ries U. (1992):** Untersuchung zur Raumnutzung von Laufkäfern mittels Radio-Telemetrie. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **1**: 147-149.
- Riecken, U. & Raths, U. (1996):** Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Ann. Zool. Fennici* **33**: 109-116.

- Riley, J. R., Smith, A. D., Reynolds, D. R., Edwards, A. S., Osborne, J. L., Williams, I. H., Carreck, N. L. & Poppy, G. M. (1996):** Tracking bee with harmonic radar. *Nature* **379**: 20-30.
- Riley, J. R., Valeur, P., Smith, A. D., Reynolds, D. R., Poppy, G. M. & Loftstead, C. (1998):** Harmonic radar as a means of tracking the pheromone-finding and pheromone-following flight of male moths. *J. Insect Behav.* **11**: 287-296.
- Riley, J. R. & Smith, A. D. (2002):** Design considerations for an harmonic radar to investigate the flight of insects at low altitude. *Components and Electronics in Agriculture* **35**: 151-163.
- Rink, M. (2002):** Käferfunde (Coleoptera) im Pündericher Sternenwald an der Mosel. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Rheinischer Koleopterologen* **12**: 39-44.
- Rink, M. & Sinsch, U. (2007):** Aktuelle Verbreitung der Hirschkäfer im nördlichen Rheinland-Pfalz mit Schwerpunkt Moseltal. *Decheniana* (in press).
- Rhein-Main-Net (2006):** Flughafen-Hirschkäfer erfolgreich umgesiedelt. Bericht vom 23.05.06 <http://www.rhein-main.net/sixcms/detail.php/2973374>
- Roer, H. (1980):** Zur Verbreitung und Bestandsdichte des Hirschkäfers *Lucanus cervus* im Rheinland (BRD). *Acta Musei Reginaehradecensis S. A Supplementum*. 1980
- Rössler, M. (1961):** Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Scarabaeidenlarven (*Oryctes nasicornis* L., *Melolontha melolontha* L.) Diss. Naturwiss. Fak. Joh. Gutenberg-Universität: 80pp
- Ruther, J. Reinecke A. Thiemann, K. Tolasch, T. Francke W. and Hilker M. (2000):** Mate finding in the forest chockchafer, *Melolontha hippocastani* mediated by volatiles from plants and females. *Physiol. Entomol.* **25**: 172-179
- Ruther, J. Reinecke A. Tolasch T. Hilker, M. (2001):** Make Love not war: a common arthropod defence compound as sex pheromone in the forest chockchafer *Melolontha hippocastani*. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung* (2002) **128**: 44-47.
- Ruther, J., Reinecke, A., Tolasch, T., Hilke, M. (2002):** Phenol - Another Cockchafer Attractant by *Melolontha hippocastani* Fabr. and *M. melolontha*. *Zeitschrift für Naturforschung* (2002) **57c**: 910-913.
- Schaffrath, U. (2003):** Erfassung der gesamthessischen Situation der Hirschkäfer *Lucanus cervus* sowie Bewertung der rezenten Vorkommen. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des HDLGN 2003.

- Schartner, S. (1994):** Umsiedlung des Heldbock-Käfers (*Cerambyx cerdo L.*) von dem ehemaligem Battelle-Gelände in den Schwanheimer Wald. – unveröffentlicht, in: Neumann, V.(1997).
- Schimitschek, E. (1968):** Insekten im Brauchtum, Kult und Kultur.-Hanb. Zool. 4Bd., Arthropoda 2, Hälfte Insekten, T1 Beitr. 10- Berlin
- Schuster, E. (1990):** Zustand und Gefährdung des Bergwaldes. Beih. Forstwiss. Centralbl. 40: 123 S
- Schröder, W. (1983):** Die Tiere des Waldes – Glieder im Ökosystem In. Stern, H. et al.: Rettet den Wald. Heyne Verlag/München: 444 S
- Smith, M.N., (2003):** National Stag Beetle Survey 2002, London, People's Trust for Endangered Species.
- Sprecher-Uebersax, E. & Durrer, H. (1998):** Über das Vorkommen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus L.*) in der Region Basel (Coleoptera). Mitt. Ent. Ges. Basel 48: 142-166.
- Sprecher-Uebersax, E., Durrer, H. (2001):** Verhaltensstudien über den Hirschkäfer *Lucanus cervus L.* mit Hilfe der Telemetrie und Videobeobachtung. Mitteilungen Naturforschende Gesellschaft beider Basel 5: 161-182.
- Sprecher-Uebersax, E. (2001):** Studien zur Biologie und Phänologie des Hirschkäfers im Raum Basel mit Empfehlungen von Schutzmassnahmen zur Erhaltung und Förderung des Bestandes in der Region. Dissertation, Universität Basel,
- Strauss, R.E. (1985):** Morphometrics in evolutionary biology. Philadelphia, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 277 S.
- Telnov, D. (2001):** Gefährdete und seltene Wirbellose Lettlands Teil I *Oryctes nasicornis*. Latv. Entomol. 38: 70-75
- Tippmann, F. (1954):** Neues vom Leben des Hirschkäfers, Ent. Bl. 50: 175-183
- Tochtermann, E. (1987)** Modell zur Artenerhaltung der Lucanidae. Allgemeine Forstzeitschrift 8: 183-184.
- Tochtermann, E. (1992):** Neue biologische Fakten und Problematik der Hirschkäferförderung. Allgemeine Forstzeitschrift 47: 308-311.
- Thomas, C.D. & Harrison, S. (1992):** Spatial dynamics of a patchily distributed butterfly species. *J. Appl. Ecol.* **61**: 437-446.
- Van Dyck, H. & Baguette, M. (2005):** Dispersal behaviour in fragmented landscapes: Routine or special movements? *Basic and Applied Ecology* **6**: 535-545.

Wermelinger, B (2004): Ecology and Management of the spruce bark beetle *Ips typographus*- a review of recent research-. Forest Ecology and Management 202 (2004) 67-92

Whittaker, R. (1969): Evolution of diversity in plant communities. In: Diversity and stability in ecological systems. Brookhaven National Laboratory. National Tech. Inf. Service, Springfield

Zahradnik, J. (1985): Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Paul Parey Verlag Hamburg-Berlin

11. Zusammenfassung

Diese Dissertation beschreibt Ökologie und Verhalten einer Hirschkäferpopulation im Moseltal im Bereich der Gemeinden Alf und Bullay (Kreis Cochem-Zell). Im Rahmen einer Kartierung werden darüber hinaus Vorkommen im nördlichen Rheinland-Pfalz dokumentiert.

Ziele der Untersuchung waren:

1. Das oberirdische Imaginalleben innerhalb einer Hirschkäferpopulation im Freiland zu beobachten.
2. Die quantitative Darstellung und Absicherung geschlechtsspezifischer Verhaltensweisen der Imagines sowie der Dokumentation qualitativer Beobachtungen.
3. Die Brutstätte zu charakterisieren und die Entwicklungsabläufe darin darzustellen.
4. Einen Verbreitungsüberblick für das nördliche Rheinland-Pfalz zu geben.
5. Durch die Anwendung unterschiedlicher Methoden Fehlinterpretationen zu einzelnen Sachverhalten auszuschließen.
6. Das Sammeln weiterer Erfahrungen mit der bei Käfern bisher noch selten angewendeten Methode der Radiotelemetrie.

Methoden:

1. Kartierung über eigene Beobachtungen und Fundortmeldungen aufgrund von Aufrufen in Printmedien im Zeitraum von 2000-2005.
2. Radiotelemetrie von 56 adulten Käfern in den Jahren 2003-2005.
3. Käfer- und Brutstättenmonitoring in den Jahren 2003-2005.
4. Morphometrie adulter Hirschkäfer.
5. Insektarienbeobachtungen an Imagines und Larven unter verschiedenen Bedingungen.

Die Hauptergebnisse sind:

1. Hirschkäfer waren im Untersuchungsgebiet erfolgreiche Kulturfolger und schienen in ihrem Bestand derzeit dort nicht gefährdet. Sie hatten im nördlichen Rheinland-Pfalz eine Verbreitung entlang der große Flüsse Rhein, Mosel und Lahn und kamen auch dort in besiedelten Bereichen vor.

2. Die Männchen begannen bis zu einer Woche (ab ca. 15. Mai) vor den Weibchen mit dem Schlüpfen. Männchen lebten bis zu acht Wochen und Weibchen bis zu zwölf Wochen.
3. Hirschkäfer nutzten Bäume und Sträucher für Entwicklung und Imaginalleben. Weibchen zeigten eine höhere Affinität zu Totholz. Männchen hielten sich häufiger auf Bäumen (Sträuchern) auf. Weibchen bevorzugten offenere Strukturen ohne hohen Baumbestand und waren häufiger im oder auf dem Boden. Bei der Auswahl des Bruthabitats bestand Polyphagie innerhalb der Laubhölzer und die Auswahl orientierte sich mehr am Standort und Zersetzungsgrad als an der Baumart.
4. Männchen und Weibchen verloren nach dem Schlüpfen trotz gelegentlicher Nahrungsaufnahme an Kondition. Bei Männchen und Weibchen korrelierte der Konditionsverlauf signifikant mit dem Datum der Messung. Männchen hatten gleiche Abnahmeraten (-0,1227 je Tag) in den Jahren 2003-2005. Bei den Weibchen verhielten sich die Größenordnungen der täglichen Abnahmeraten wie die Unterschiede zwischen den mittleren Monatstemperaturen (Mai bis Juli) der Untersuchungsjahre. (2003: -0,8347, 2004: -0,3615, 2005: -0,4738 je Tag).
5. Männchen und Weibchen zeigten unterschiedliches Mobilitätsverhalten. Während Männchen häufig flogen und sehr selten laufend größere Ortsveränderungen vornahmen, flogen Weibchen seltener und liefen dafür häufiger über größere Entfernungen auf Brutstätten zu. Die maximale Einzelflugstrecke bei Männchen betrug 1.720 Meter, beim Weibchen 701 m.
6. Hirschkäfer zeigten im Fortpflanzungsverhalten Alternativen, in dem es neben dem in der Regel üblichen Verlassen des Bruthabitates durch Flug und anschließender Paarung auf Bäumen (Sträuchern) auch zu Paarungen im unmittelbaren Geburtsbrutstättenbereich eines oder beider Partner kommen konnte.
7. Dem Bruthabitat kam neben der Funktion als Entwicklungsort eine Schlüsselfunktion für das Fortpflanzungsverhalten zu. Erste Geschlechterfindung und Mischung der Populationen vollzogen sich dort.
8. Die Mindestentwicklungszeit betrug 3 Jahre. Weibchen legten ihre befruchteten Eier in der Regel in einem Zyklus ab, ohne sich zwischenzeitlich erneut zu paaren. Hierfür verwenden sie sehr viel Zeit, meist verließen sie das Bruthabitat nicht mehr.
9. Die Radiotelemetrie erwies sich als erfolgreiche Methode zum Freilandmonitoring der Hirschkäfer. Dennoch bedurfte es weiterer Methoden um dort beobachtete Verhaltenweisen zu interpretieren.

12. Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die am Gelingen dieser Arbeit mitgewirkt haben, allen voran dem Leiter der Abteilung Biologie im Institut für Integrierte Naturwissenschaften der Universität Koblenz-Landau, Fachbereich 3: Mathematik/-Naturwissenschaften, Herrn Prof. Dr. Sinsch. Außerdem danke ich Herrn PD Dr. Thomas Wagner. Neben der großen Unterstützung dieses Projektes fand ich bei beiden zu jeder Zeit ein offenes Ohr bei anstehenden Fragen und Problemen.

Durch ihre Meldungen haben mir viele Alfer und Bullayer Bürger geholfen und auch überregional gingen interessante und wichtige Informationen ein. Sie alle zu nennen würde zu weit führen, aber das Team, das meine Untersuchungen vor Ort tatkräftig unterstützte, sei hier genannt: meine Frau Sabine, Tochter Alena und Sohn Sebastian sowie mein Schwiegervater Rudi Henrichs und Schwager Stephan Henrichs. Ich danke den Familien Bucher, Möhrer, Peschen, Thiel, Braun und Zimmermann sowie Teilnehmern des Freiwilligen Ökologischen Jahres in Rheinland-Pfalz, stellvertretend Alexander Plein. Ihnen allen gilt mein Dank für ihre Geduld und die Bereitschaft sich über Tage und Wochen für das Projekt zu engagieren.

Für die weitere finanzielle Unterstützung geht der Dank an:

Ministerium für Umwelt und Forsten, der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Kreisverwaltung Cochem-Zell, dem Forstamt Zell und der Gemeinde Bullay.

13. Erklärung

Hiermit erkläre ich,

dass diese von mir eingereichte Dissertation selbständig verfasst und alle von mir benutzten Hilfsmittel in der Arbeit angegeben sind, sowie Anteile etwaig beteiligter Mitarbeiter sowie anderer Autoren klar gekennzeichnet sind. Diese Dissertation oder Teile von ihr sind nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht worden.

Ich habe weder diese noch eine andere Abhandlung in einem anderen Fachbereich oder anderen Hochschule als Dissertation eingereicht.

Alf, 26.09.2006

Markus Rink

14. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Markus Rink
Wohnort: Junkergasse 8, 56859 Alf
Geboren: 30.05.1960 in Alf
Familienstand: verheiratet, 2 Kinder
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung

Grundschule: 1966-1971 Grundschule Alf
Realschule: 1971 - 1977 Realschule Zell (Mosel)
Abschluss: Mittlere Reife
Gymnasium: 1977 - 1981 Gymnasium Cochem
Abschluss: Abitur
Wehrdienst 1981-1982 Grundwehrdienst in Roth und Büchel

Studium: 1982-1983 Chemie, Universität Mainz
1983-1987 Fachhochschule für Forstwirtschaft in
Rottenburg am Neckar
Abschluss: Diplom-Ingenieur (FH)
1995-1997 weiterbildender Studiengang
Umweltschutz
Universität Koblenz-Landau
Abschluss: Zertifikat
1998-1999 weiterbildender Studiengang
angewandte Umweltwissenschaften
Universität Koblenz-Landau
Abschluss: Diplom-Umweltwissenschaftler
seit 2003 Promotionsstudium Biologie, Universität Koblenz-
Landau

Beruf: ab 01.01.1988 Revierleiter im Forstrevier Auderath (Eifel)
Schwerpunkt: Windwurfbewältigung 1990
seit 01.01.1992 Revierleiter im Forstrevier Alf (Mosel)
Schwerpunkte: Eichenwirtschaft; Naturschutzprojekte
(Streuobstwiesen, Totholz); Umweltbildung

**Ehrenamtliche:
Tätigkeiten** Mitwirkung bei der Agenda 21 im Kreis Cochem-Zell
seit 2004 Mitglied im Umweltausschuss des Landkreises
Cochem-Zell, Mitglied des Verbandsgemeinderates
Zell sowie dessen Werksausschusses und im Ausschuss für
Jugend und Senioren

Publikationen: Rink, M. (2002): Käferfunde (Coleoptera) im Pündericher
Sternenwald an der Mosel. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft
Rheinischer Koleopterologen 12: 39-44.