

Zukunftsaussichten des Hochmoorlaufkäfers (*Carabus menetriesi*) im Klimawandel

Future prospects of relic bog dweller Carabus menetriesi in the face of climate change

Stefan Müller-Kroehling, Kathrin Engelhardt & Christian Kölling

Abstract

The raised bog large ground beetle (*Carabus menetriesi pacholei*) is listed as a priority species in Annex II of the EU Habitat Directive, and is a subspecies for which Germany has a very high conservation responsibility. Its habitats are largely intact raised and transitional bogs and high-elevation spring bogs, including bog forests. In the future climate that is predicted to be warmer and drier, some of this species' habitats will likely be lost. This is particularly true for the endemic subspecies living in the pre-Alps. Other sites will only be retained if measures are undertaken to reestablish a semi-natural water regime. Among other necessary management measures is strict conservation of all natural and semi-natural bog forests and bog-edge forests. Although the climate envelope for the nominate subspecies extends farther into a drier and also slightly warmer climate, measures to protect its habitat are also warranted.

A theory explaining the limited distribution in the prealpine region based on the Ice Age history is presented, since its distribution cannot be explained by the present climatic conditions alone.

Keywords: Climate change, bogs, bog forests, EU Habitats Directive, *Carabus menetriesi*, relic species, climate envelope

Zusammenfassung

Der Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) ist eine prioritäre Anhang-Art der FFH-Richtlinie und Art mit hoher Schutzverantwortung Deutschlands. Seine Lebensräume liegen in noch weitgehend intakten Hoch-, Übergangs- und Hochlagen-Quellmooren einschließlich von Moorwäldern. In einem prognostizierten, wärmer und trockener werdenden Klima werden einige Vorkommen außerhalb der hier vorgelegten Klimahülle zu liegen kommen und daher für die Art voraussichtlich verloren gehen. Das gilt in besonderem Maße für die endemischen Vorkommen im Voralpengebiet. Andere Vorkommen werden nur zu halten sein, wenn jegliche Anstrengungen unternommen werden, einen naturnahen Wasserhaushalt wiederherzustellen. Die Klimahülle für die Nominatform reicht etwas weiter in den trockenen und auch warmen Bereich, erfordert aber ebenfalls sämtliche Bemühungen zu ihrem Erhalt. Zu den notwendigen Maßnahmen gehört unter anderem auch die konsequente Erhaltung naturnaher Moor- und Moorrandwälder. Eine Theorie zur Erklärung der disjunkten Verbreitung im Voralpengebiet basierend auf der Vereisungsgeschichte wird präsentiert, da

die Klimaverhältnisse allein die Verbreitung nicht erklären können.

Schlüsselwörter: Klimawandel, Moore, Moorwald, FFH-Richtlinie, *Carabus menetriesi*, Hochmoorlaufkäfer, Reliktar, Klimahülle

1 Einführung

1.1 Natura 2000-Arten und Klimawandel

Der Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei* [SOKOLAR 1911]) ist eine prioritäre Art des Anhang II der FFH-Richtlinie. Für ihn sind daher Schutzgebiete auszuweisen, in denen er strengen Schutz genießt. Einige äußere Einflüsse, allen voran der Klimawandel, machen jedoch vor Schutzgebietsgrenzen nicht halt. Da es sich bei dieser Art um eine **kaltstenotherme Eiszeireliktar** handelt, wird der Klimawandel möglicherweise erhebliche Auswirkungen auf die zukünftige Verbreitung und Habitateignung haben. Die Gefährdung durch den Klimawandel steht dabei nicht für sich allein, sondern ist im Kontext anderer, anthropogener, lokal wirksamer Gefährdungen zu sehen, die den Moorwasserhaushalt und das mooreigene Klima (PRIEHÄUSSER 1956) verändern. Dennoch ist auch ein Blick ganz gezielt auf den losgelösten „Rahmenfaktor Klima“ sinnvoll und notwendig.

Der Klimawandel ist als „Megafaktor“, der den Erhaltungszustand vieler Lebensräume und Arten erheblich beeinflussen wird, erkannt worden. Nicht alle Arten der FFH-Richtlinie werden jedoch von einer Klimaerwärmung und einer Veränderung



Abb. 1: Der Hochmoorlaufkäfer im Mikrohabitat.

Fig. 1: *Carabus menetriesi* in its microhabitat.

des Niederschlagsregimes negativ betroffen sein. An ihrer Kältengrenze durch niedrige Temperaturen limitierte Arten könnten unter Umständen in vielen Fällen sogar profitieren. Die Zusammenhänge sind komplex. Manche xylobionte Arten könnten beispielsweise davon profitieren, wenn es zu verstärkten Absterbeerscheinungen von Bäumen in trockenen Jahren kommt. Selbst in ihrer Verbreitung weitgehend auf die Alpen beschränkte Arten wie der Alpenbock (*Rosalia alpina*) sind teilweise innerhalb von Teilen ihres Verbreitungsgebietes durchaus thermophil.

In einer Analyse der Gefährdung der FFH-Arten Deutschlands durch SCHLUMPRECHT et al. (2010) auf Basis einer gutachtlichen Bewertung von acht Gefährdungsfaktoren wird *Carabus menetriesi pacholei* nur mit 12 von 15 möglichen Bewertungspunkten als gefährdet durch den Klimawandel eingestuft. Damit liegt er gleichauf mit dem Scharlachkäfer (*Cucujus cinnaberinus*), der sich aber offenbar gegenwärtig entlang der Fließgewässer sogar auszubreiten scheint (BUSSLER, mdl.). Verglichen mit dem flugfähigen und wohl recht mobilen Alpenbock (s. o.) liegt seine Einstufung nur um einen Punkt höher. Dies zeigt die Grenzen solcher heuristischen Verfahren auf der Basis ordinal skalierten Merkmale, die untereinander gutachterlich gewichtet werden, auf.

Doch auch die Modellierung „harter“ Klimafaktoren hat Grenzen. Während für euryöke und ausbreitungsstarke Arten wärmegesteuerte Arealerweiterungen zuverlässig zu modellieren und meist auch bereits mit Beobachtung zu validieren sind, sind die Zusammenhänge für relikitär verbreitete Habitatspezialisten komplexer. Für sie ergibt sich keine einfache Beziehung, da das Klima in diesem Fall nicht nur direkt auf die Art, sondern auch auf den Lebensraum einwirkt, und in der Vergangenheit eingewirkt hat. Auch sind und waren Ausweichwanderungen für diese Arten nicht ohne Weiteres möglich. Die Verbreitung entspricht daher Mustern, die sich im Bereich der nicht besetzten Gebiete weder durch das Vorhandensein geeigneter Habitate noch durch das (aktuelle) Vorliegen eines geeigneten Klimas vollständig erklären lassen. In vorliegender Arbeit soll auch dieser Aspekt angesprochen werden.

1.2 Der Bericht nach Artikel 17 FFH-RL

Wie alle Arten der FFH-Richtlinie, muss der Erhaltungszustand des Hochmoorlaufkäfers überwacht und darüber – pro Mitgliedsstaat und biogeographischer Region – alle sechs Jahre an die EU-Kommission berichtet werden (Art. 11, 17 der FFH-RL), wo daraus ein Gemeinschaftsbericht für jedes Schutzobjekt erstellt wird. Dies ist 2007 erstmals erfolgt. Der Hochmoorlaufkäfer wurde für die Kontinentale Biogeographische Region (KBGR) als „rot“ und somit als „schlecht“ bewertet. Die Einstufungen der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten, in denen diese Art vorkommt, und die 2007 einen Bericht zu erstellen hatten (also noch ohne das neu beigetretene Bulgarien), ist in Tabelle 1 dargestellt.

Der Gesamtwert bezieht sich auf die Gesamtheit aller Vorkommen, die (aktuell) alle in der Kontinentalen Biogeographischen Region (KBGR) liegen¹.

¹ Die slowakischen Funde in den zur Alpenen BGR gehörenden Karpaten wurden dort nicht der im Anhang II aufgelisteten Unterart zugerechnet. Zumindest die bayerischen Funde im Voralpenraum liegen alle in der KBGR, historische Fundorte in Österreich (Reutte) möglicherweise auch in der Alpenen BGR.

2 Material und Methode

2.1 Verwendete Klimaszenarien und methodische Grundlagen der Klimahüllen

Klimahüllen sind einfache Darstellungen der klimatischen Nische von Arten. Sie wurden für die Visualisierung der klimatischen Ansprüche der Waldbaumarten entwickelt (KÖLLING & ZIMMERMANN 2007, KÖLLING 2007, KÖLLING et al. 2008). In einem aus der Jahresdurchschnittstemperatur (Ordinate) und der Jahresniederschlagssumme (Abszisse) aufgespannten zweidimensionalen ökologischen Raum wird jener Bereich erkennbar, der sich aus den Vorkommen an Fundpunkten oder aus Arealkarten sowie zugeordneten Klimawerten ergibt.

Die Klimawerte der in Abbildung 2 dargestellten Vorkommen basieren auf dem WORLDCLIM-Datensatz (HUMANS et al. 2005). Mit diesem Verfahren kann eine erste grobe Annäherung an die klimatische Einnischung der Art gewonnen werden. Diese ersetzt jedoch keinesfalls komplexere Artverbreitungsmodelle, die mit statistischen Methoden den Zusammenhang von Artvorkommen und Klima beschreiben (FRANKLIN 2009).

Ferner wurden die bayerischen Vorkommen einem Vergleich mit zwei Szenarien (ein trockenes und ein feuchtes) mit dem regionalen Klimamodell „STAR“ (PIK 2010) unterzogen. Den Projektionen liegt das globale Atmosphären-Zirkulationsmodell „ECHAM5“ und das Emissionsszenario A1B des Weltklimarates zugrunde. Für das Bundesgebiet ergibt das bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Erwärmung um etwa 2,1 Grad Celsius – mit nur geringen Abweichungen für die verschiedenen Schutzgebiete.

Auch wenn mittlerweile weitgehende Einigkeit über das Existieren des Klimawandels besteht, so bestehen für die Prognose der zukünftigen Entwicklung und vor allem der Entwicklungsgeschwindigkeit, sowohl in Bezug auf das Temperaturgeschehen als auch die Niederschlagsentwicklung, Unsicherheiten. Der faktischen Unwägbarkeit kann lediglich durch die Verwendung verschiedener Szenarien eine gewisse Abhilfe geschaffen werden. Wir verwendeten das konservative Szenario B1. Uns ist bewusst, dass eine Reduktion des Klimas auf die Jahreswerte von Temperatur und Niederschlag eine Reduktion der Komplexität des Klimas darstellt. Die so vereinfachte Darstellung berücksichtigt Extremereignisse nur indirekt über ihren Einfluss auf die Mittelwerte. Weiterhin sind für das Gedeihen der Art unter Umständen jahreszeitliche Werte aussagekräftiger als Jahreswerte. Auch gibt es gewiss weitere relevante Faktoren als Temperatur und Niederschlag sowie neue Effekte, die sich aus dem Zusammen- oder Entgegenwirken unterschiedlicher Steuergrößen ergeben. Insbesondere ist auf die Abweichungen des (extrazonalen) Lokalklimas der Moore von ihrer in den Klimakarten ausschließlich erfassten Umgebung hinzuweisen. Die von uns bevorzugte einfache, sparsame Art der Modellierung hat indes den Vorteil großer Transparenz und Stabilität. Komplexere Modellierungen sind möglich, erfordern indes auch eine breitere Datengrundlage.

Die Klimahülle zeigt demnach gleichsam den übergeordneten Klimarahmen, in dem diese Art vorkommt und in ihrem Lebensraum gedeihen kann, und weniger die exakten Klimabedingungen, die in seinem konkreten Lebensraum herrschen.

Tab. 1: Bewertung von *Carabus menetriesi* im FFH-Bericht 2007 für die Berichtsperiode 2001–2006 (ETC/COM 2009).**Tab. 1:** Status and "future prospects" of *Carabus menetriesi* in Continental Biogeographic Region, taken from the European Community composite report of 2007 for the evaluation period 2001–2006 (ETC/COM 2009).

	Verbreitung	Population	Habitat	Zukunfts- aussichten	Gesamt	Daten- qualität	Anz. Vor- kommen
AT	Schlecht	Schlecht	Schlecht	Schlecht	Schlecht	Mittel	4
CZ	Schlecht	Schlecht	Unzureichend	Unzureichend	Schlecht	Mittel	23
DE	Unzureichend	Unzureichend	Unzureichend	Schlecht	Schlecht	Mittel	21
Gesamt					Schlecht		

Die Klimahülle einer Art stellt zwar insofern ein Modell dar, als sie die Ansprüche der Art an das Klima auf wenige Faktoren reduziert, basiert aber immerhin auf Freilanddaten. Die in den 1960er bis 1980er Jahren üblichen „Temperaturorgel“-Versuche an Laufkäfern im Labor lieferten oftmals widersprüchliche Ergebnisse von begrenztem Anwendungswert, aus denen Vorzugstemperaturen oder Ansprüche an das Klima unter Freilandbedingungen nicht abzuleiten waren (z. B. WEBER 1983).

2.2 Datengrundlage für *Carabus menetriesi*

Die Anwendung einer Klimahülle auf eine Tierart ist im Prinzip genauso gut möglich wie für eine Baumart, auch wenn deren Verbreitung häufig in wesentlich größerem Detail bekannt sein dürfte. Die exakte Verbreitung vieler wirbelloser Arten hingegen unterliegt oftmals großen Kenntnisdefiziten und Artefakten (Ortsansässigkeiten von Experten), was die Anwendung von Klimahüllen unmöglich oder die Ergebnisse wenig brauchbar machen würde.

Für die Großlaufkäfer der Gattung *Carabus* kann durch eine über 150 Jahren zurückreichende, intensive Erforschung, die ihren Niederschlag in zahlreichen Sammlungen und dazu gehörigen Verzeichnissen, sowie in Faunenwerken und Monographien gefunden hat (BREUNING 1932–1936, BREZINA 1993, 1999, TURIN et al. 2003, DEUVE 2004), von einem überdurchschnittlich guten Kenntnisstand ausgegangen werden. Die Voraussetzungen, eine Klimahülle für einen Großlaufkäfer zu erstellen, sind daher günstig.

Dies gilt im Prinzip auch für *Carabus menetriesi*, obwohl diese Art erst sehr spät in Deutschland (in seinen heutigen Grenzen) erstmals entdeckt wurde (1964 im Erzgebirge, NÜSSLER 1965, 1969, vgl. auch TOLKE 2006, GEBERT 2006, POKORNY 2007), dann 1970 im Bayerischen Wald, GLENZ 1971, GEISER 1985, vgl. auch APFELBACHER 1988, KORELL 2006). Im westlichen Voralpengebiet Österreichs (und später auch des angrenzenden Bayerns) wurde die Art 1913 erstmals gefunden (AMANN & KNABL 1922), ist hier aber heute auf österreichischer Seite verschollen bzw. das ursprüngliche Vorkommen erloschen (ZULKA & PAILL 2006). Auch im östlichen Voralpengebiet Bayerns (REISER 1972, 2006, GEISER 1985, KORELL 2006) war die Art über 20 Jahre lang verschollen, bis sie 2005 wiederentdeckt werden konnte (MÜLLER-KROEHLING, unveröff.).

Bedingt durch ihren FFH-Status wurden in den letzten zwanzig Jahren viele mögliche Vorkommen untersucht und mehrere neue Vorkommen entdeckt. So konnte der Erstautor einen Erstfund für den Nationalpark Bayerischer Wald erbringen, wo die Art heute aus drei Moorengebieten bekannt

ist (MÜLLER-KROEHLING in: NATIONALPARKVERWALTUNG BAYER. WALD 2008).

FASSATI (1956) und PAWLOWSKI (2006) sowie TURIN et al. (2003) haben Verbreitungskarten von *Carabus menetriesi* veröffentlicht. PAWLOWSKI (2006) zufolge hat die Art in der baltisch-russischen Tiefebene ein geschlossenes Vorkommen, das sich nach Westen hin zunehmend in Einzelvorkommen auflöst, bis nach Mitteleuropa hinein, wo die Art in manchen Mittelgebirgen ein disjunktes Reliktareal aufweist.

2.3 Unterscheidung von und Zuordnung zu Unterarten

Als relikitär verbreitete Art („Eiszeitrelikt“) mit räumlich isolierten Teilarealen weist *Carabus menetriesi* unterhalb der Artebene zu unterscheidende Taxa auf. In Tabelle 2 ist zusammenfassend der Stand der beschriebenen Unterarten aufgeführt, einschließlich des Forschungsbedarfs der Unterarten mit unklarer Zuordnung. Nach derzeitigem Kenntnisstand sollten alle Populationen, die zumindest seit dem Ende der letzten Eiszeit durch Arealverinselung voneinander getrennt sind und „markante morphologische Unterschiede“ (NÜSSLER 1969) aufweisen, als Vorstufen der Artneubildung behandelt werden. Ob diese Vorstufen als „Rassen“ oder „Unterarten“ zu klassifizieren sind, ist letztlich eine Frage der Definition und wahrscheinlich selbst mit molekulargenetischen Methoden nicht definitiv zu entscheiden. Neben postglazialen gibt es offenbar auch bereits stärker differenzierte periglaziale Speziationen, deren eigenständige Merkmalsentwicklungen teilweise bereits in die vorletzte Würmezeit (dem Holstein-Interglazial vor ca. 340.000 – 325.000 Jahren) zurückreichen (NÜSSLER 1969). Da die Mikroevolution auch Ausdruck der genetischen Vielfalt ist, sollte sie in Einklang mit der Konvention zur Biologischen Vielfalt entsprechend berücksichtigt werden.

Bei der Erstellung einer Klimahülle für diese Art ist die Frage einer unterartlichen Gliederung aus mehreren Gründen von besonderer Relevanz. Möglicherweise haben die disjunkten Teilpopulationen, die als Unterarten oder Rassen anzusehen sind, unterschiedliche Anforderungen an das Klima, die verwischt würden, wenn alle Teilvorkommen gemeinsam betrachtet würden. Auch unterliegen die einzelnen Vorkommen möglicherweise einem unterschiedlichen Druck durch den Klimawandel, was gerade bei den Formen mit sehr kleinem Verbreitungsgebiet und wenigen Vorkommen rasch zum Erlöschen führen könnte.

Solche Populationen sind die zwei Vorkommen im Voralpengebiet, ursprünglich als zwei getrennte Taxa (*knabli* und

Tab. 2: Unterartliche Gliederung und Verbreitung von *C. menetriesi* in Europa.**Tab. 2:** *Subspecies taxonomy and distribution of C. menetriesi in Europe.*

Art	Unterartengruppe sensu FFH-RL und FFH-Status	Unterart /signifikante evolutionäre Einheit	Weitere signifikante evolutionäre Einheit (Rasse, Lokalpopulation)	Verbreitung
<i>Carabus menetriesi</i> (FALDERMANN in HUMMEL 1827)	<i>menetriesi</i>	<i>menetriesi</i>		Baltisch-russische Ebene (DE-PL-LT-BY-UKR-RU usw.)
	<i>pacholei</i> (II *)	<i>pacholei</i> (SOKOLAR 1911)		Böhmerwald (DE-CZ-AT)
		<i>pseudogranulatus</i> (NÜSSLER 1965)	<i>pseudogranulatus</i>	Erzgebirge, ? Kaiserwald (DE-CZ)
		<i>witzgalli</i> (REISER 2006)	<i>witzgalli</i>	Östliches Bayerisches Voralpengebiet (DE)
	<i>knabli</i> (MANDL 1951)		Westliches Bayerisch-Tiroler Voralpengebiet (DE, AT)	
	<i>zu menetriesi?</i>	??	??	Beskidien (SK)
	<i>zu pacholei?</i>	??	??	Belasiza (BG)

witzgalli) behandelt und von REISER (2006) in seiner (Neu) beschreibung des *witzgalli* zusammengefasst. Beide Vorkommen sind jedoch voneinander weiter entfernt als das südostbayerische Teilareal von jenem im Bayerischen Wald.

Nur die Unterart *pacholei* (SOKOLAR 1911a, 1911b) ist im Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführt, die Nominatform hingegen nicht. Zu ersterer werden allerdings – im Sinne der FFH-Richtlinie – unstrittig neben den Vorkommen in der Böhmisches Masse Bayerns, Tschechiens und Österreichs auch die Vorkommen im westlichen (*knabli*, MANDL 1951) und östlichen Voralpenraum (*witzgalli* GEISER 1985, REISER 2006) und *pseudogranulatus* des Erzgebirges (NÜSSLER 1965, 1969) gestellt, so dass von einer „Unterartengruppe“ *pacholei* gesprochen werden kann.

Das Vorkommen im Peenetal Mecklenburg-Vorpommerns hingegen dürfte nach heutigem Kenntnisstand, nicht zuletzt auch den neueren Funden im unteren Odertal (erwähnt in GEBERT 2007), mit den Vorkommen der nordosteuropäischen Tiefebene in Verbindung stehen und auch morphologisch wie ökologisch zur Nominatform zu zählen sein (vgl. z. B. MÜLLER-MOTZFELD et al. 2004, HENNICKE & KULBE 2004).

Der Erstdnachweis in Mecklenburg-Vorpommern erfolgte 1978. Bereits ARNDT (1989) stufte dieses Vorkommen in seinem *Carabus*-Atlas der DDR als zur Nominatform gehörig ein. Zwischenzeitlich wurde auch die These vertreten, es handle sich möglicherweise um ein eigenständiges Taxon (Unterart, Rasse) (MÜLLER-MOTZFELD 1994). Er unterscheidet dort in einer Kartendarstellung „ssp. *pacholei/knabli*“, „ssp. *pseudogranulatus*“ und eine „ssp.?“ für das Vorkommen im Peenetal, und spricht von einer „endemischen Lokalform“, was hier als bezogen auf das Vorkommen im Peenetal interpretiert wird.

Mittlerweile setzt sich jedoch im Schrifttum zunehmend die Erkenntnis durch, dass es sich bei diesem Vorkommen um die Nominatform handelt. HENNICKE & KULBE (2005) schreiben beispielsweise in einer Broschüre über den vorgeschlagenen Nationalpark Peenetal: „An Arten von gemeinschaftlichem Interesse nach der FFH-Richtlinie sind ...*Menetriesi*-Laufkäfer²... nachgewiesen. Vor allem für den Großen Feuerfalter und den *Menetriesi*-Laufkäfer liegt eine überregional hohe Verantwortung vor. [...] Für den *Menetriesi*-Laufkäfer ist das Peenetal der einzige Fundort in der Deutschen Ebene und, wenn sich die Vermutung der Nominatform bestätigt, das einzige Vorkommen in ganz Deutschland.“ MÜLLER-MOTZFELD et al. (2004) vermutet, dass Neufunde von „*Carabus menetriesi* s. str. ?“ im Odertal in 2007 (GEBERT 2007 und mdl.), eine Verbindung zwischen dem bislang als räumlich isoliert angesehen Vorkommen im Peenetal und dem Hauptverbreitungsgebiet von *Carabus menetriesi menetriesi* in Nordosteuropa (vgl. PAWLOWSKI 2006) darstellen. Auch dies unterstützt die Einschätzung, dass es sich um die Nominatform handeln dürfte.

In der hier vorgelegten Klimahülle werden zwei Unterarten-Komplexe unterschieden, erstens die Nominatform und zweitens *C.m. pacholei sensu lato* (sensu FFH-Richtlinie). Die letztere umfasst auch alle anderen süddeutschen Populationen und die des Erzgebirges. Für die bayerischen Vorkommen erfolgen zusätzlich auch weitergehende Analysen auf Ebene der subspezifischen Taxa.

Es handelt sich nicht nur um räumlich klar getrennte Areale, sondern auch um sehr unterschiedliche Moorgebiete,

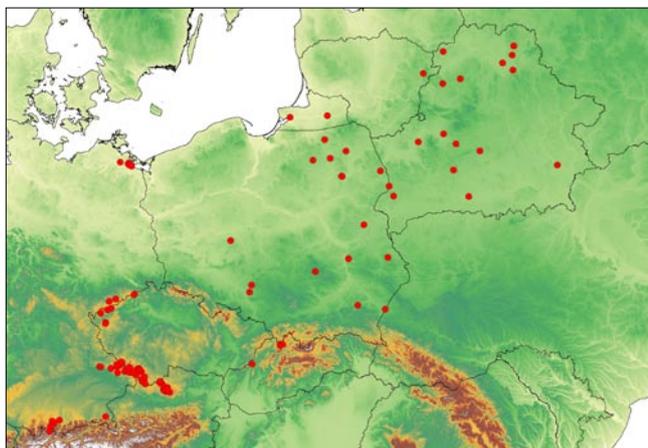
2 Wegen der geringeren Bindung der Nominatform an Hoch- und Übergangsmoore wird die Art in Mecklenburg-Vorpommern als *Menetriesi*-Laufkäfer und nicht als Hochmoorlaufkäfer bezeichnet. Aus Sicht der Verfasser wäre ein einheitlicher deutscher Name zu bevorzugen.

Tab. 3: Überblick über die berücksichtigten Fundpunkte nach Ländern.**Tab. 3:** Overview of the included records by country.

Land	Fundorte Nominatform	Fundorte Gruppe „pacholei“	Zu pacholei: davon <i>pseudo-granulatus</i>	Zu pacholei: davon <i>knabli</i>	Zu pacholei: davon <i>witzgalli</i> s.str.	Summe Fundorte
Österreich		11		1		11
Tschechien		25	5			25
Slowakei		3 (sh. Text)				3
Deutschland	5	22	2	4	1	27
Polen	17					17
Litauen	1					1
Russland	2					2
Weißrussland	15					15

mit Talmooren auf der einen und Mittelgebirgsmooren auf der anderen Seite. Die beiden Unterarten(gruppen) unterscheiden sich daher auch ökologisch. Die Nominatform ist offenbar weniger stark auf ombrotrophe Moore beschränkt, sondern kommt neben Hoch- und Übergangsmooren (KROGERUS 1960) auch in minerotroph beeinflussten Moor-gebieten vor (NÜSSLER 1969, BARŠEVSKIS 2003, MARTSCHEI & MEITZNER 2006). Ein solcher Habitatwechsel ist zwar für viele moorbewohnende Arten im Vergleich von Mittel- und Nordeuropa zu beobachten, doch dürfte im konkreten Fall auch tatsächlich eine unterschiedliche Einnischung dahinter stehen. Auch aus diesem Grund ist es daher sinnvoll, bei der Erstellung einer Klimahülle für das FFH-Taxon *Carabus menetriesi* die Unterarten-Frage zu berücksichtigen.

Zwei Vorkommen sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht sicher einer der beiden Unterarten zuzuordnen. Die Vorkommen in den **Karpaten/Beskidien der Slowakei** sind nach FASSATI (1956) zur Nominatform zu stellen. Er beschreibt allerdings, dass die Tiere einige Merkmale aufweisen, die auf einen Übergangscharakter zu *pacholei* hindeuten. Bezüglich der FFH-Einstufung werden sie in der Slowakei als zur Nominatform und somit nicht zum Anhang II gehörig bewertet. Als Mittelgebirgsvorkommen haben wir diese Fundpunkte für die zu erstellende Klimahülle zur Unterartgruppe *pacholei* gestellt.

**Abb. 2:** Lage der in die Klimahülle eingeflossenen Fundpunkte.**Fig. 2:** Localities included in the climate envelope.

Das räumlich isolierte, 1976 entdeckte Vorkommen der Art im **Belasiza-Gebirge Südwestbulgariens** wird von GUÉORGUIEV (1989) und GUÉORGUIEV & GUÉORGUIEV (1995) zu *pacholei* gestellt, und vom Mitgliedsstaat Bulgarien auch entsprechend als FFH-Art behandelt. Dennoch erscheint es aufgrund der isolierten Lage (und des wahrscheinlich eher spärlichen, zur Klärung der Frage vorliegenden Materials aus nur einem einzigen Gebiet) folgerichtig, dieses Vorkommen separat zu betrachten, auch wenn es zweifelsohne sinnvoll ist, es im Sinne der FFH-Richtlinie zur Unterart *pacholei* zu stellen. Den von TURIN et al. (2003) geäußerten grundsätzlichen Zweifeln an diesem Vorkommen folgen wir nicht. Das Belasiza-Gebirge mit seinen Urgesteinsböden, Vergletscherung während der Eiszeiten und Moorbildungen, sowie arealgeographischen Beziehungen nach Mitteleuropa ist durchaus ein geeignetes Vorkommensgebiet dieser Art. Aufgrund der isolierten Lage und nicht sicheren Unterarten-Zuordnung haben wir es hier nicht in die Klimahülle aufgenommen.

Der Kenntnisstand zur Verbreitung in Mittel- und Osteuropa kann zusammenfassend insgesamt als ausreichend für die Erstellung einer Klimahülle gelten. Als Quellen wurden sämtliche Vorkommen Deutschlands, sowie sämtliche verfügbaren, d. h. in der Regel veröffentlichten Funde aus dem Rest des Areals verwendet (vgl. Literaturverzeichnis).

Für die Lagefeststellung des Fundortes wurde mittels „Google Earth 6.2“ der Fundpunkt (meist ein nahe gelegener Ort) recherchiert, und dann aus dem Luftbild das nächstgelegene Moorgebiet angesteuert. Für die Zwecke der hier vorgelegten Auswertung und den verwendeten, europaweiten Maßstab ist diese Methode ausreichend lagegenau.

In der vorliegenden Klimahülle nicht berücksichtigt ist die bei PAWLOWSKI (2006) dargestellte flächenhafte Verbreitung in Nordosteuropa, die wegen ihrer halbschematischen Natur möglicherweise nicht dieselbe Präzision aufweist wie die konkreten Fundpunkte.

3 Ergebnisse

3.1 Klimahülle in Europa auf Basis der zwei Unterarten(gruppen)

Insgesamt flossen 101 Fundpunkte in die Arealrecherche ein, davon 40 aus dem Vorkommen der Nominatform und

61 aus dem der Unterartengruppe *pacholei* (Abbildung 2, Tab. 2).

Auf eine Wiedergabe der einzelnen Lokalitäten wird aus Datenschutzgründen verzichtet, da die Art zumindest in Deutschland als „sensibel“ eingestuft ist, sie also u. a. einer Nachstellung durch Sammler (auch kommerzielle) unterliegt. Abbildung 3 zeigt die Lage der einzelnen Punkte, getrennt für die beiden Unterartengruppen, Abbildung 4 die daraus errechnete Klimahülle samt Überschneidung mit aktuellem Klima in Deutschland und dem zukünftig prognostizierten.

Die Eckpunkte der Punktwolken werden von deutschen Flächen eingenommen: in der linken oberen Ecke, am warm-trockenen Rand, liegt ein Fundpunkt im Peenetal. Alle Fundpunkte aus dem Voralpengebiet liegen im rechten oberen Bereich der blauen Wolke. Mehrere Fundpunkte im Erzgebirge, am linken unteren Rand der blauen Punktwolke gelegen, vermitteln bereits stark zur Punktwolke der Nominatform, ebenso einer der drei Fundpunkte aus der Slowakei (linker oberer „Außenlieger“ der blauen Punktwolke). Das kälteste und niederschlagsreichste Vorkommen liegt im Bayerischen Wald.

In Abbildung 4 ist die Klimahülle des *Carabus menetriesi pacholei* dargestellt, sowie zum Vergleich die Klimabereiche Deutschlands in der Gegenwart und in der Realisation des regionalen Klimamodells WETTREG (SPEKAT et al. 2007) nach dem günstigen Szenario B1. Dabei wird deutlich, dass der Überlappungsbereich der Klimaansprüche der Art mit dem Klima Deutschlands künftig erheblich schrumpfen wird.

Ferner zeigt das Resultat eine deutlich zweigeteilte Klimahülle, so dass eigentlich von zwei Klimahüllen für die beiden Unterarten gesprochen werden kann. Folgende Interpretation ist denkbar: die Unterart *menetriesi* verkörpert den kontinentaleren Typ, der die geringen Niederschläge mit seiner Vorliebe für Habitate in Flusstalmooren kompensiert, während die in insgesamt gemäßigttem Klima Mitteleuropas vorkommende Unterart *pacholei* in kühlfeuchten Mittelgebirgslagen günstige Bedingungen findet.

Von besonderem Interesse sind die Grenzwerte der Klimahülle im warm-trockenen Bereich. Eine Temperatur-Obergrenze weist die Klimahülle von *C. m. pacholei* bei ca. 8 Grad (bzw. zwischen 8 und 9 Grad für die Nominatform) auf, die Niederschlags-Untergrenze liegt bei ca. 850 mm (bei der

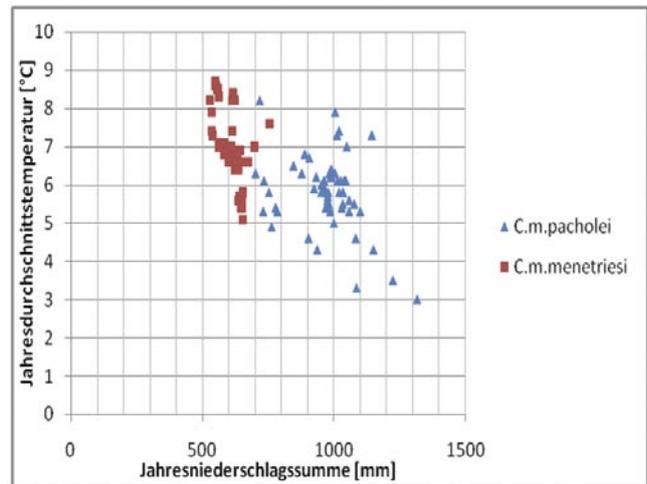


Abb. 3: Temperatur-Niederschlags-Gitter der Fundpunkte der beiden Unterartengruppen.

Fig. 3: Temperature-precipitation grid of all records, by subspecies groups.

Nominatform deutlich darunter).

Der für *C. m. pacholei* geeignete Klimabereich wird in einem zukünftig wärmeren Klima wesentlich seltener sein als gegenwärtig. Nicht wenige der aktuellen Vorkommen in Deutschland würden zukünftig außerhalb des derzeit geeigneten Klimaareals dieser Art liegen.

Jene Vorkommen, die sich am Rand der Klimahülle finden, also aktuell zwischen 8,5°C und 6,5°C Durchschnittstemperatur liegen, bedürfen deutlich verstärkter Anstrengungen, damit sie auch in den nächsten 50–100 Jahren und danach einen geeigneten Lebensraum darstellen können. Je intakter die Habitate in Bezug auf ihre Hydrologie sind, desto eher weisen sie auch ein mooreigenes Kälteklima auf und können daher die zukünftige Erwärmung eher abpuffern.

3.2 Klima-Nische und Gefährdung in Bayern

In Abbildung 5 sind die bayerischen Fundpunkte dargestellt, mit heutigem Klima, sowie in einem feuchten und einem trockenen Szenario nach der vom PIK vorgelegten Internet-

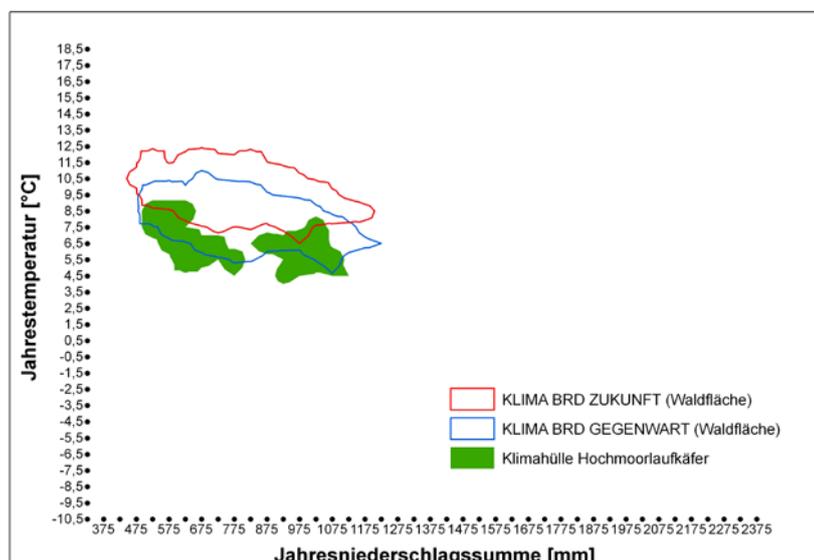


Abb. 4: Klimahülle Hochmoorlaufkäfer, *Carabus menetriesi* (grün), mit den beiden Unterarten *menetriesi* (linke Wolke) und *pacholei* (rechte Wolke), im Vergleich zum aktuellen (blaue) und zukünftigen Klima (rote Umrandung) Deutschlands; Erläuterungen im Text.

Fig. 4: Climate envelope of the species (green), with the subspecies *menetriesi* (left cloud) and *pacholei* (right cloud), compared to the current (blue) and anticipated future climate in Germany (red border); for details, see text.

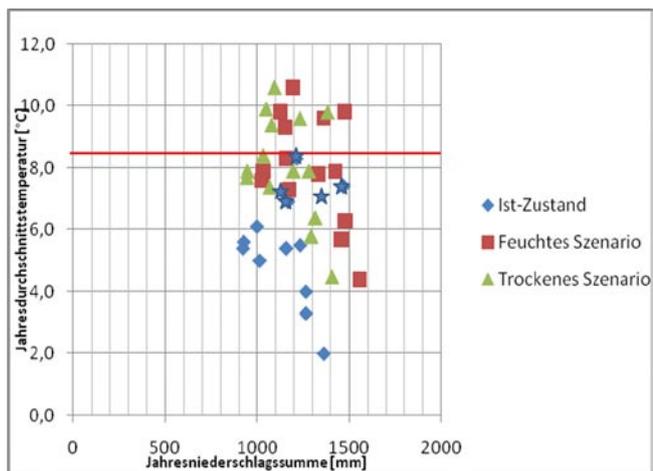


Abb. 5: Aktuelles und prognostiziertes Klima der bayerischen FFH-Gebiete mit Nachweis des *C. m. pacholei* mit zwei Klimaszenarien für die Schutzgebiete Deutschlands (PIK 2010); rote Linie: Jahresmitteltemperatur-Obergrenze der bisherigen Vorkommen; Sterne: Vorkommen im Voralpengebiet (Unterarten/Rassen *witzgalli* und *knabli*).

Fig. 5: Current and predicted climate of the Bavarian Natura 2000 sites with occurrence of *C. m. pacholei* for two climate scenarios (wet [red squares] and dry [green triangles]) in German conservation areas (PIK 2010); red line: upper limit of tolerated mean annual temperature observed in Bavaria; stars: sites in the prealpine foothills (subspecies/races *witzgalli* and *knabli*).

Datenbank der Klimaentwicklung in den FFH-Gebieten Deutschlands (PIK 2010). Für den Ist-Zustand (blau) wurden die Unterarten unterschieden, d. h. die Voralpen-Vorkommen (*witzgalli* REISER 2006, mit *knabli*) mit eigener Signatur (Stern) dargestellt.

Gebiete, die bei einer Temperaturerhöhung von ca. 2,1 °C unterhalb einer Temperaturline von ca. 8 Grad liegen, würden innerhalb des Klima-Toleranzbereiches der Art verbleiben. Geeignete Habitate könnten hier mit hoher Wahrscheinlichkeit ein langfristiges Überleben gewährleisten. Allerdings weist PIK (2010) nur jeweils einen Wert pro FFH-Gebiet aus, die Vorkommen innerhalb eines Gebietes liegen aber zum Teil in unterschiedlichen Höhenstufen, so dass die Aussage für größere Gebiete mit mehreren Vorkommen in verschiedenen Höhenstufen sicher differenziert werden muss, wenn in den konkreten Gebieten Überlegungen angestellt werden (s. u.).

Die beiden (sub)endemischen Taxa des Voralpenlandes *witzgalli* und *knabli* unterliegen erkennbar dem allerhöchsten Druck. Bereits jetzt stellen sie den oberen Temperaturrand der bayerischen Vorkommen dar, wohl kompensiert durch die hohen Niederschläge („tiefmontanes Klima“). In beiden PIK-Szenarien geraten alle Vorkommen dieser endemischen bzw. subendemischen Taxa in einen Temperaturbereich, aus dem keine aktuellen Vorkommen von *Carabus menetriesi* aus Bayern bekannt sind.

4 Diskussion

4.1 Klimageschichte und Verbreitungsbild des Hochmoorlaufkäfers

Klimafaktoren allein erklären das heutige Verbreitungsbild von *Carabus menetriesi* nicht. Die Laufkäferart *Carabus menetriesi*

kam in den periglazialen Steppentundren-Landschaften der Kaltzeiten auch außerhalb von Mooren vor und ist fossil beispielsweise aus dem Belgischen Lößgebiet und dem Aschaffener Raum gemeldet worden (DE LAPOUGE 1902, LINDROTH 1960), beides Gebiete, in denen Lebensräume oder akzeptables Klima für diese Art heute nicht mehr existieren. Sein heutiges disjunktes Verbreitungsgebiet in Bayern spart andererseits einige sehr ausgedehnte Hochmoorgebiete wie die Rosenheimer und Wolfratshauer Moore aus, obwohl diese durchaus auf ihre Laufkäferfauna hin untersucht sind, so dass nicht von bloßen Erfassungsdefiziten auszugehen ist. Die Gründe für das heutige Fehlen der Art in diesen Gebieten könnten auch mit dem Erlöschen aufgrund von Habitatveränderungen, oder aber arealgeschichtlich bedingten Verinselungseffekten nicht erklärt werden. MÜLLER-KROEHLING (2005a) hat postuliert, dass die Entstehungsgeschichte der Moore nach der Eiszeit (Versumpfungs- versus Verlandungs-moore), ihrer Habitattradition (teilweise bis zur Riß-Eiszeit zurückreichend) oder die Nähe zu den Überdauerungsorten während und am Ende der Eiszeit die aktuelle Verbreitung (Abb. 6) erklären können.

HOLDHAUS (1954: S. 109) schreibt in seiner Eiszeitfauna der Alpen im Abschnitt zu den Nördlichen Kalkalpen westlich der Salzach: „Die nördlichen Kalkalpen westlich der Salzach waren während der Eiszeit intensiv vergletschert, die Gletschermassen traten aus dem Gebirge weit in die bayerische Ebene hinaus, die eiszeitliche Schneegrenze lag in einer Höhe von 1.100–1.200 m. Gleichwohl gab es in den bayerischen Alpen während der ganzen Dauer der Eiszeit mehrere unvergletscherte Areale, auf denen zweifellos manche resistente Tierformen der alpinen Zone zu persistieren vermochten. Das größte dieser unvergletscherte Gebiete befand sich südlich der Stadt Traunstein [= Vorkommen in Südostbayern; Anm. des Verf.] und erstreckte sich aus der Gegend westlich von Reichenhall über die Berge bei Ruhpolding westwärts bis nahe an das Tal der Großen Ache; dieses *Massif de refuge* hatte in ostwestlicher Richtung einen Durchmesser von beinahe 30 km, in nordsüdlicher Richtung einen solchen von etwa 15 km. Kleinere eisfreie Areale befanden sich in dem Gebirge südwestlich des Chiemsees, ferner südöstlich und südwestlich des Tegernsees, östlich des Kochelsees und im Bereiche des Ammergebirges zwischen Ammertal und Lechtal [= Vorkommen in Südwestbayern; Anm. des Verf.]; dieses letztgenannte *Massif de refuge* besaß einen größten Durchmesser von etwa 20 km und erstreckte sich westwärts bis in die Nähe von Füssen.“

Die Lage zu den größeren *Massifs de refuge* könnte also zusammen mit dem Vorhandensein intakter, hinreichend großer Moore und den Ansprüchen der Art entsprechenden Klimabedingungen die heutige Verbreitung erklären.

4.2 Bedeutung, Eignung und Gefährdung der Lebensräume

Nicht alle Lebensräume sind im selben Maße anfällig für den Klimawandel. Die Lebensräume des Hochmoorlaufkäfers in Bayern (und angrenzenden Gebieten) unterscheiden sich in den verschiedenen Teilräumen:

- In den Talmooren von Bayerischem Wald und Böhmerwald besiedelt die Art vor allem Spirkenfilze (MÜLLER-KROEHLING 2006a, FARKAC & HURKA 2006). In diesen spielt das Vorhandensein einer schützenden Bestockung möglicherweise eine besondere Rolle.

- In den Hochlagenmooren dieses Gebietes bewohnt sie hingegen bevorzugt offene Quellmoore (MÜLLER-KROEHLING 2006a, 2008 in NPV Bayerischer Wald, vgl. auch NÜSSLER 1969).
- In den westlichen Voralpenmooren Bayerns werden offenbar auch eher weitgehend offene Moore bevorzugt (HARRY 2002, HARRY et al. 2006), auch wenn die Art auch hier z. T. auch in lichte Spirkenfilze vordringt.

Manche der Fundpunkte liegen also in niederschlagsreichen, kalten Hochlagen und weisen ein Klima auf, das auch zukünftig günstige Bedingungen für den Hochmoorlaufkäfer bieten dürfte. Mehrere Vorkommen geraten hingegen nach beiden in dieser Arbeit verwendeten Szenarien in Bereiche, die keine Entsprechungen im aktuellen Verbreitungsgebiet des *C.m. pacholei* haben, vor allem in Bezug auf die Durchschnittstemperatur. Gerade in Trockensommern können diese Vorkommen regelrecht „durtrocknen“, vor allem dort, wo sie durch existierende Entwässerungseinrichtungen, auch alte, vorgeschädigt sind. Der konsequente Rückbau dieser alten Gräben muss daher aus Sicht des Erhalts dieser prioritären Art höchste Priorität haben.

Über alle Habitate hinweg kann gelten: Moore haben eine Lebensraumeignung, wenn sie so nass sind, dass der Anteil von Rausch- und Moosbeere größer als jener von Heidel- und Preiselbeere ist (MÜLLER-KROEHLING 2006a), was auch PAILL et

al. (2006) für den österreichischen Teil des Böhmerwaldes bestätigt haben. Der intakten Hydrologie kommt also über alle Habitate hinweg die größte Bedeutung zu.

4.3 Bedeutung von Moorwäldern und Waldmooren

LINDROTH (1960) bezeichnet *C. menetriesi* (und zwar die Nominatform) „wenigstens vorwiegend als Waldart, die z. B. in stark versumpften, lichten Kiefernwäldern mit lichter Mooschicht vorkommt“, was zumindest für den Bayerischen Wald durchaus auch für die Unterart *pacholei* bestätigt werden kann.

Moorwälder und Waldmoore können als eher kühl-schattiger Lebensraum gerade in den tiefer gelegenen Vorkommen ein wichtiges Habitat darstellen (MANDL 1951, HORION 1966, BLUMENTHAL 1964, NÜSSLER 1969, BARSEVSKIS 2003, MÜLLER-KROEHLING 2006a). Der Hochmoorlaufkäfer ist nicht an offene Hochmoore gebunden oder präferiert sie, selbst in Teilräumen mit Vorkommenshäufung in eher offenen Moor-Lebensräumen (vgl. auch HARRY 2002, mit signifikanter Häufung von Larvenfunden in Habitaten mit 25–79% Beschirmung). Auch Totholz als Komponente des Moorwaldes ist eine regelmäßig genutzte Habitatrequisite für die Überwinterung der Art (BLUMENTHAL 1964, NÜSSLER 1969).

Moorrandwälder sind zwar nur ein teilweise mit genutzter Lebensraum, ihnen kommt aber dennoch auch aus Gründen

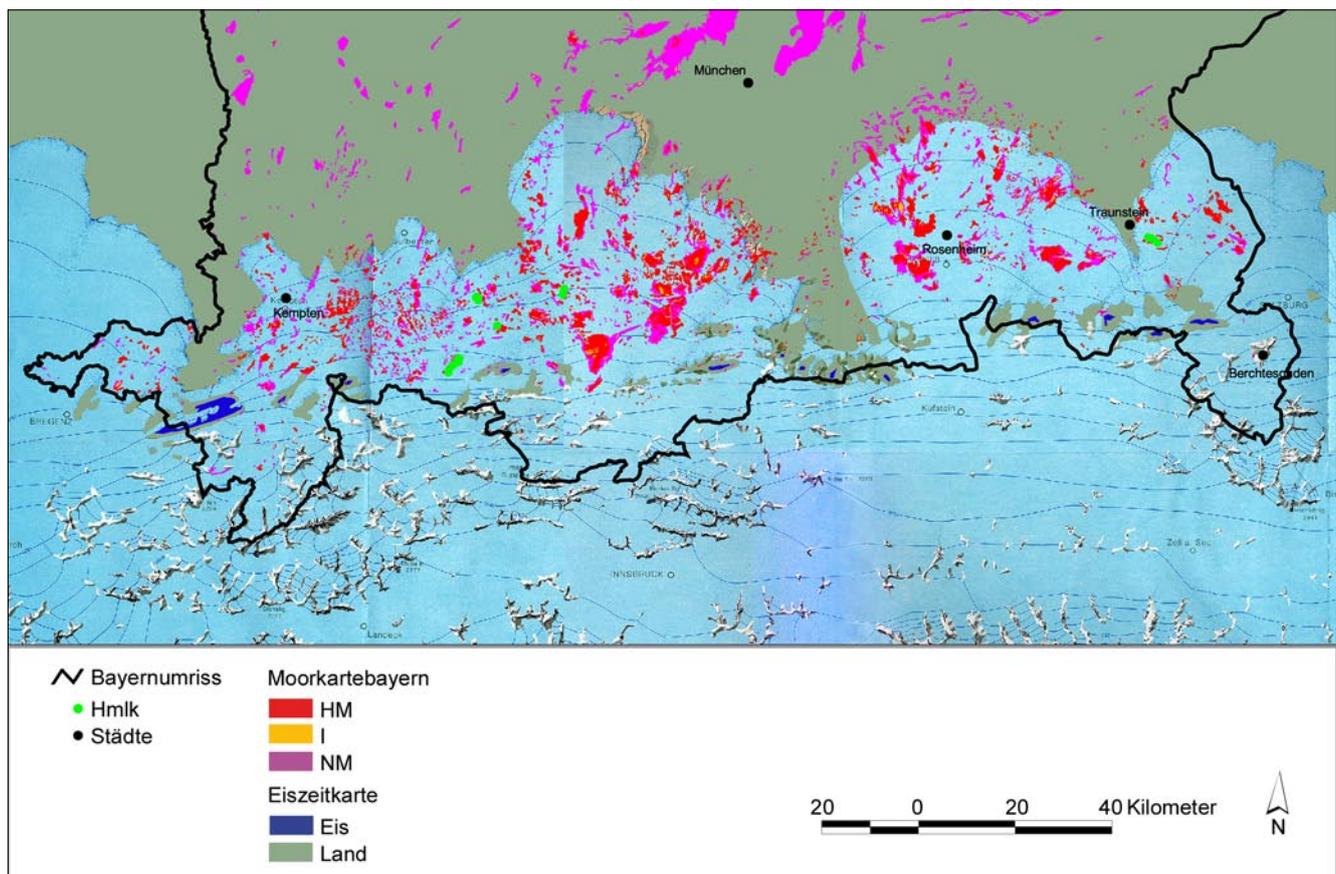


Abb. 6: Verbreitung des Hochmoorlaufkäfers am Alpenrand, verschnitten mit der Eiszeitkarte von VAN HUSEN (1987) „Die Ostalpen in den Eiszeiten“, mit freundlicher Genehmigung der Geologischen Bundesanstalt (Wien), und der Historischen Moorkarte von Bayern (Erhebungsstand 1914, LfU 2002; HM = Hoch-, I = Übergangs-, NM = Niedermoore).

Fig. 6: Distribution of the species in the pre-Alpine foothills and Alps, overlaid with the Ice Age map by VAN HUSEN (1987), reprinted with kind permission of the Federal Agency for Geology (Vienna), and the historical peatland map of Bavaria of 1914 (LfU 2002).

der Erhaltung des moortypischen Klimas eine große Bedeutung beim Schutz intakter Moorkomplexe zu.

Mikrometeorologisch überlagern sich bei der Betrachtung der Situation Umland (niedrigere Vegetationsform)-Moorwaldrand-Moor in Bezug auf die Verdunstung zwei Effekte:

- Der „**Oaseneffekt**“: Das Umland ist trockener als das Moor, zusätzlicher Energieinput (zur lokal über die solare Einstrahlung ohnehin verfügbaren Energie) über dem Moor über advektiv zugeführte trocken-warme Luft kann zur Verdunstung genutzt werden. Dieser Effekt bleibt natürlich auch bei Rodung des Moorwaldrandes erhalten.
- Der **Windschutzeffekt**: Der Moorwaldrand stellt einen Windschutz für das Moor dar, der je nach seiner Bestandeshöhe sowie seiner Dichte die Windgeschwindigkeit auf dem Moor reduziert, wodurch die Verdunstung erniedrigt ist. Durch Wegfall des Windschutzes nach Rodung des Moorwaldrandes nimmt die Windgeschwindigkeit wieder zu und somit auch die Verdunstung. Je nach Dichte des Moorwaldrandes kann der Einfluss bis zum 20fachen der Bestandeshöhe ins Moor hineinreichen (OKE 1987) und damit die Verdunstung bis auf maximal 65% des Wertes ohne Windschutz reduzieren (OKE 1987).

4.4 Metapopulation, Vernetzung, Ausweichwanderungen?

In der ursprünglichen Landschaft waren die Hochmoore und ombro- bis ombrominerotrophen Moorwälder vielfach durch Flusstalmoore vernetzt und daher wesentlich weniger stark isoliert als heute, wo die Niedermoore der Flusstäler vielfach mehr oder weniger stark degradiert oder zerstört sind. Hinzu kommt die Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege und die oftmals sehr intensive Nutzungsform der die Moore umgebenden Flächen.

In der Urlandschaft dürften Wanderungen zwischen Teil-Moorgebieten im Sinne einer „Metapopulation“ in der nötigen Größenordnung von vielleicht maximal wenigen hundert Metern durchaus auch für eine flugunfähige, ausbreitungsschwache Art wie *Carabus menetriesi* möglich gewesen sein, für den durch Fang-Wiederfang Distanzen von über 100 Metern nachgewiesen wurden (HARRY 2002). Auch heute noch gibt es in den Vorkommensgebieten zum Teil räumlich getrennte „Teilmoore“, die aber durch Niedermoore oder minerotrophe Feuchtwälder vernetzt sind und daher im FFH-Bewertungsschema im Sinne einer Metapopulation summarisch als eine Population betrachtet werden (MÜLLER-KROEHLING 2006b).

Aus den genannten Gründen sehen die FFH-Kartieranleitungen bei der Bewertung von Habitatgrößen auch Moore aus mehreren Teilflächen im Sinne einer Metapopulation vor.³ Darüber hinausreichende Wanderungsbewegungen dürften jedoch unter heutigen Bedingungen weitgehend ausgeschlossen sein, und die meisten Vorkommen insofern heute zweifelsohne weitgehend isoliert. Zu ausgedehnten „Ausweichwanderungen“, d. h. das Überwecheln in Moorgebiete

³ Kritik daran (GEBERT 2007) beruht auf einer Fehlinterpretation, was in der Kartieranleitung unter einer Metapopulation gemeint ist.

höherer oder kälterer Lagen, dürfte der Hochmoorlaufkäfer in der Regel nicht in der Lage sein, von Ausnahmen abgesehen. Dort, wo Bachvermoorungen eine barrierefreie Ausbreitung in Bach- und Flusstälern bis in den Oberlaufbereich der Fließgewässer ermöglichen, sind sie aber denkbar, und es gibt Indizien aus dem aktuellen FFH-Monitoring, dass solche Wanderbewegungen zumindest teilweise erfolgen.

In anderen Fällen wird über aktive Umsiedlungen, d. h. über Maßnahmen im Sinne einer „*assisted migration*“ (McLACHLAN et al. 2006) nachzudenken sein, die als ultima ratio dann in Betracht gezogen werden müssen, wenn der Erhalt einer Art *in situ* nicht mit hinreichender Sicherheit gewährleistet werden kann, selbst wenn alle notwendigen Anstrengungen unternommen werden. Keinesfalls sollten Umsiedlungsmaßnahmen aber als potenzielles Surrogat eben dieser Anstrengungen gesehen werden. Dort, wo Populationen auszusterben drohen, und im gleichen räumlichen Kontext geeignete Lebensräume wegen der begrenzten Ausbreitungsfähigkeit der Art unbesiedelt sind, kann eine Umsiedlung von Exemplaren, ggf. nach Nachzucht der Tiere aus dem Ei, aber zukünftig möglicherweise eine notwendige Ergänzung der Handlungsoptionen im Sinne einer „Notmaßnahme“ darstellen. Da der Erfolg einer solchen Umsiedlung zweifellos erst nach mehreren Jahren feststellbar wäre, wäre eine Umsiedlung von Vorkommen im Kontext von Eingriffsvorhaben, die Habitate beeinträchtigen können, keine akzeptable Alternative.

4.5 Erhaltungsmaßnahmen

Der konsequente Schutz der Lebensräume bedeutet zusammenfassend:

- **Verschluss aller Grabensysteme**, auch alter Schlitzgräben, wo möglich; dabei ist jedoch ein Überstau von Flächen zu vermeiden.
- **Verzicht auf Rodung von Moorwäldern**; wo Moorbestockungen eine naturnahe Bodenvegetation aufweisen (Torfmoose, Moosbeere und Rauschbeere auf mindestens 10% der Fläche), handelt es sich nicht nur um einen prioritären FFH-Lebensraum und einen geschützten Waldbiotop nach § 30c BNatSchG, sondern auch um einen geeigneten Lebensraum des Hochmoorlaufkäfers.
- **Verzicht auf die Entfernung von Moorrandwald** (Abb. 7); dabei ist auch zu berücksichtigen, dass es sich bei Fichtenmoorrandwäldern teilweise um natürlichen Fichtenwald (LRTen *91D4 und 9410 nach Anh. I der FFH-RL), und nicht nur um die verbreiteten Fichtenforste entwässerter Torfstandorte handelt.
- **Verzicht auf jedwede Eingriffe in Moorwälder zugunsten ausbreitungsstarker Lichtungsarten und Lichtwaldarten**, wie Hochmoorgelbling und Birkhuhn; diese Arten sind zu weiten Ausbreitungswanderungen befähigt und werden durch Moorwald im Zweifelsfall nicht an der Ausbreitung gehindert, wie beispielsweise der Einflug des Hochmoorgelblings (*Colias palaeno*) in das einzige, isoliert gelegene Hochmoor der Wegscheider Hochfläche 2007 aus den über 10 Kilometern entfernten, tschechischen Mooren (RITT 2008) zeigt.
- **Verzicht auf Holznutzung in allen Vorkommensgebieten, soweit möglich**, auch zum Ziele der

Bestandspflege oder Pflege seltener Baumarten (Spirke u. a.), und vor allem vollständiger Verzicht auf Befahrung in allen Vorkommen und Verdachtsgebieten; d. h. ggf. händische Bringung des Holzes bzw. Rücken mit geeigneten Pferderassen oder Seilbringung, bei geeigneter Witterung und Entfernen allen Schlagabraumes.

- **Verhindern eines direkten Fremdstoffeintrags**, einschließlich von Kirrungen, Salzlecken und Fütterungen, da diese und ihre Begleitumstände als erhebliche Beeinträchtigung zu werten und daher unzulässig sind.
- die **Vernetzung der Moorlebensräume** der Art durch die Renaturierung von Bachvermoorungen ist gerade bei kleinen Vorkommen sinnvoll (vgl. folgender Abschnitt). Fichtenforste ohne Torfmoos-Unterwuchs stellen zwar keinen geeigneten Lebensraum dar, können aber möglicherweise rasch durchwandert werden, da sie einen geringen Raumwiderstand bieten, und sind daher wahrscheinlich günstiger zu bewerten als geräumte Flächen mit flächigem Fichten-Schlagabraum und luxurrierender Pioniervegetation infolge Stickstofffreisetzung.

4.6 Unterarten und genetische Aspekte

Unterarten, Rassen und andere subspezifische Taxa sind Ausdruck der genetischen Vielfalt einer Art, die laut CBD ein wichtiger und zu schützender Bestandteil der Biodiversität ist.

Für die Unterscheidung der beschriebenen Taxa sprechen neben morphologischen Unterschieden die räumlich seit den letzten Eiszeiten deutlich getrennte Verbreitungsgebiete und unterschiedliche Habitatpräferenzen (MÜLLER-KROEHLING 2006a). Zahlreiche Kenner der Art haben die räumlich getrennten Unterarten beschrieben bzw. diese Unterteilung nachvollzogen (MANDL 1951, HORION 1966, REISER 1972, 2006, GEISER 1985 u. a.).

Das Belegmaterial eigener Untersuchungen wurde für morphometrische Studien zur Verfügung gestellt, die helfen



Abb. 7: Durch die Rodung des Fichten-Moorrandwaldes fehlt dem Spirkenfilz der das Moorklima schützende Mantel.

Fig. 7: Once its spruce bog-edge forest has been cleared, the bog pine forest lacks its natural protective cover.

sollten, die Unterarten-Frage zu eruieren. Bisher wurden nur vorläufige Ergebnisse veröffentlicht (TRAUTNER et al. 2005), die zu bestätigen scheinen, dass von signifikanten evolutionären Einheiten (ESU) ausgegangen werden kann. Eine abschließende Klärung der Frage, ob es sich um Unterarten, Rassen oder anderweitig unterschiedene Taxa handelt, erscheint ohnehin mit wissenschaftlichen Methoden kaum zu klären, da dies eine Definitionsfrage ohne prüfbare, anerkannte, harte Kriterien darstellt. Für die Zuordnung der Vorkommen zum Anhang II der FFH-Richtlinie ist diese Frage ohne Belang, da alle Taxa Süddeutschlands einschließlich des Erzgebirges zu *pacholei* im Sinne des Anhangs II zu stellen sind. Für die *menetriesi*-Vorkommen in Mecklenburg-Vorpommern ist allerdings, wie dargelegt, eine Zugehörigkeit zum baltischen Vorkommen der Nominatform anzunehmen.

4.7 Schutz der Nominatform

Mangels Zugehörigkeit zum Anhang II ergibt sich die Notwendigkeit für die Vorkommen der Nominatform in Nordosteuropa zwar nicht aus der FFH-Richtlinie, doch sollten auch für dieses Taxon alle notwendigen Erhaltungsmaßnahmen ebenso konsequent umgesetzt werden. Die auf Rekordtemperaturen folgenden verheerenden Wald- und Torfschwelbrände des Sommers 2010 in Westrussland zeigten jüngst die mit zunehmenden Temperaturextremen im Klimawandel erhöhte Verletzlichkeit dieses Lebensraumes.

Offenbar tritt die Nominatform auch in stärker minerotroph beeinflussten (Moor-) Habitaten auf⁴, dürfte aber dennoch als Moorart (wie dargestellt einschließlich der Moorkwälder) und jedenfalls als Bewohner intakter Feuchtgebiete anzusehen sein (HURKA 1973, BARŠEVSKIS 2003, ALEKSANDROWICZ 2003).

Fachlich spräche einiges dafür, auch diese Unterart in den Anhang der FFH-Richtlinie aufzunehmen, denn die extensiven Kulturlandschaften Osteuropas unterliegen durch den EU-Beitritt der Staaten einem starken „Entwicklungsdruck“. Durch Drainage, Düngung und intensive landwirtschaftliche Nutzung verschwindet die Nominatform des Hochmoorlaufkäfers innerhalb weniger Jahre (ALEKSANDROWICZ 2002).

4.8 Bewertung der „Future prospects“

Es liegen Kartieranleitungen und Bewertungsschemata für das FFH-Gebietsmanagement in Bayern (MÜLLER-KROEHLING 2005b, aktualisiert 2011) und FFH-Bericht und Monitoring (MÜLLER-KROEHLING 2006b) vor. Gemäß verbindlichem Leit-schema für die Bewertung aller Schutzobjekte durch die EU (EU-KOMMISSION 2004) sind die „Zukunftsaussichten“ ein eigenständiges, sehr wichtiges Merkmal für die Bewertung des aktuellen Erhaltungszustandes. Dadurch wird dem Vorsorgeprinzip und der fachlichen Notwendigkeit, Entwicklungstrends, die sich negativ auswirken oder auswirken können, rechtzeitig begegnen zu können, Rechnung getragen.

Die hier vorgelegte Modellierung der Entwicklung des Hochmoorlaufkäfers im Klimawandel wird in das Merkmal „**Future prospects**“ für den Bericht nach Artikel 17 für 2013 einfließen. Die Bewertung ist für jedes Gebiet einzeln möglich, und auf dieser Basis auch summarisch für die gesamte Kontinentale Biogeographische Region Deutschlands. Die hier vorgelegte

4 auch wenn die Bezeichnung „swamp“, die sich im Schrifttum über die Habitate der Nominatform in Osteuropa regelmäßig findet, wohl eher mit „Feuchtgebiet“ als mit (mineralischem) „Sumpf“ übersetzt werden sollte

Klimahülle für *Carabus menetriesi pacholei* dürfte aufgrund der breiten Datenbasis ferner auch für die Verhältnisse der anderen Mitgliedsstaaten anwendbar sein.

Carabus menetriesi ist eine Charakterart intakter Moor-Lebensräume, was sowohl für *pacholei* als auch die Nominatform gelten kann. Er kann daher eine **charakteristische Art** für die Moor-Lebensräume der FFH-Richtlinie und wichtiger Indikator für deren Erhaltungszustand und Zukunftsaussichten sein. Als solchem käme auch der Nominatform eine mögliche Bedeutung in Bezug auf die FFH-Richtlinie zu.

5 Ausblick

In der Vergangenheit wurden teilweise Moore, in denen diese Art vorkam, verfüllt und überbaut. Solche direkten Zerstörungen gehören heute weitgehend der Vergangenheit an. Die Gefährdungen gehen heute vor allem von aus der Vergangenheit nachwirkenden Entwässerungs- und mit diesen einhergehenden Bewirtschaftungs- und Aufforstungsmaßnahmen aus, Hand in Hand mit den Gefährdungen durch Phänomene des „Global Change“, mit denen sich diese Arbeit beschäftigt.

In allen FFH-Gebieten mit Vorkommen dieser Art müssen verstärkte Anstrengungen zur Wiederherstellung der Hydrologie unternommen werden. Bei allen Maßnahmen muss dabei jedoch große Rücksicht auf den Erhalt des moortypischen Klimas des konkreten Moorobjektes genommen werden. Insbesondere muss berücksichtigt werden, dass die Art auch Moorwälder besiedelt, z. T. sogar sehr dichte, wenn sie hydrologisch intakt sind.

Leider ist es trotz entsprechender Aufklärungsarbeit (MÜLLER-KROEHLING 2003, 2004, 2005c, MÜLLER-KROEHLING et al. 2006) in der jüngeren Vergangenheit auch durch Naturschutz-motivierte, staatlich finanzierte Maßnahmen zur Rodung von Moor- und Moorrandwäldern gekommen, bei der Lebensräume des Hochmoorlaufkäfers und anderer, sehr seltener Moorbewohner zerstört wurden, und das moortypische Eigenklima seines schützenden „Mantels“, des Moorrandwaldes, beraubt wurde. Auch solche Eingriffe sollten im Zweifelsfall einer vorherigen Verträglichkeitsprüfung nach Artikel 6 FFH-RL unterzogen werden. Wichtig wäre ein ganzheitlicher Ansatz, der die jeweiligen gebietstypischen Moore als Lebensraumkomplexe und alle Teillebensräume als Einheit versteht.

Auf Basis der hier vorgelegten Klimahülle und der Klimaprognosen für das jeweilige Gebiet (PIK 2010) sollte in einem nächsten Schritt in allen FFH-Gebieten im Rahmen der Erstellung der Managementpläne bzw. deren Umsetzung gemeinsamen mit allen Beteiligten ermittelt werden,

- ob das Vorkommen in diesem Gebiet gemäß Klimahülle einer besonderen Gefährdung ausgesetzt ist, auszusterben
- welche Maßnahmen in diesen Gebieten notwendig sind, um diesen Gefährdungen zu begegnen.

Der Hochmoorlaufkäfer gehört zu den Arten mit höchster Verantwortung Deutschlands (MÜLLER-MOTZFELD et al. 2004), seine weltweite Zukunft wird hier und im angrenzenden Tschechien und Österreich entschieden werden. In ganz besonderem Maße gilt das für die Vorkommen des Voralpengebietes, die als (sub)endemische Taxa *witzgalli* Südbayerns und *knabli*

Südwestbayerns und Tirols beschrieben wurden (oder auch gemeinsam als Voralpentaxon *witzgalli* aufgefasst werden können, vgl. REISER 2006), und die im Klimawandel voraussichtlich dem höchsten Druck unterliegen werden, da sie bereits jetzt die höchsten Jahresdurchschnittstemperaturen der bayerischen Vorkommen aufweisen.

Danksagung

Die Österreichische Geologische Bundesanstalt (Wien) genehmigte freundlicher Weise die Verwendung der Eiszeitkarte aus van Husen 1987. Jose Canelejo übernahm die Verschneidung der Eiszeitkarte mit der historischen Moorkarte. Dr. Borislav Guéorguiev (Sofia) steuerte sehr wertvolle Informationen über das bulgarische Vorkommen bei.

Literatur

- ALEKSANDROWICZ, O.R. (2002): Changes in the carabid fauna of Polesie peat-bog due to drainage, ploughing and agricultural development. In: SZYSKO, J. et al. (Hrsg.): How to protect and what we know about carabid beetles: 171-184.
- AMANN, J., KNABL, H. (1922): Die Käferfauna des nordwestlichen Tirol. Ent. Bl. **18** (1): 28-36.
- APFELBACHER, F. (1988): Die Laufkäfer des Bayerischen Waldes. Teil 1 – Der Bayerische Wald **2**: 16-22.
- ARNDT, E. (1989): Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Gattung *Carabus*. Beitr. Ent. **39** (1): 63-103.
- BARŠEVSKIS, A. (2003): Latvijas Skrejvaboles (Coleoptera: *Carabidae*, *Trachypachidae* & *Rhysodidae*). Baltic Institute of Coleopterology, Daugavpils: 262 pp.
- BLUMENTHAL, C.L. (1964): Jagd auf seltene *Carabus*-Arten. Nachrichtenbl. Bayer. Ent. **13** (10): 97-99.
- BREUNING, S. (1932-36): Monographie der Gattung *Carabus* L. Bestimmungs-Tabellen der europäischen Coleopteren-Troppau, in 6 Lieferungen, 1610 S. + Anh.
- BREZINA, B. (1993): The Check-list of the Genus *Carabus*. Klapelekiana **29**: 1-164.
- BREZINA, B. (1999): World Catalogue of the Genus *Carabus* L. (Coleoptera, *Carabidae*). Pensoft Publishers, Sofia-Moscow: 170 pp.
- DE LAPOUGE, G. (1902): Degre de l'evolution du genre *Carabus* a l'epoque du pleistocene moyen. Bull. Soc. Scient. et Medic. de l'Ouest **11**: 548-564.
- DEUVE, T. (2004): Illustrated Catalogue of the Genus *Carabus* of the World (Coleoptera: *Carabidae* (Faunistica, 34). Pensoft Publishers, Sofia-Moscow: 440 pp.
- EUROPEAN TOPIC CENTRE ON NATURE CONSERVATION/EU-KOMMISSION (ETC/COM, 2009): Article 17 Composite report. <http://bd.eionet.europa.eu/article17/chapter9>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2004): Note to the Habitats Committee. Assessment, monitoring and reporting of conservation status – Preparing the 2001–2007 report under Article 17 of the Habitats Directive (DocHab-04-03/03 rev.2) 23 November 2004.
- FARKAC, J., HURKA, K. (2006): *Carabus menetriesi* in der Tschechischen und in der Slowakischen Republik. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 29-33.
- FASSATI, M. (1956): O geograficke Variabilite, Biologii a puvodu druhu *Carabus menetriesi* e Ceskoslovensku [Über die geographische Variabilität, Biologie und über den Ursprung von *Carabus menetriesi* in der Tschechoslowakei]. Acta Faunistica Entomologica Musei Nationalis Pragae **1** (9): 65-76 (Übersetzung Dr. P. Pechacek).

- FRANKLIN, J. (2009): Mapping Species Distributions. Spatial Inference and Prediction (Ecology, Biodiversity and Conservation). Cambridge University Press, Cambridge, UK: 338 pp.
- GEBERT, J. (2006): Die Sandlaufkäfer und Laufkäfer von Sachsen, Beiträge zur Insektenfauna Sachsens Bd. 4, Teil 1 (Cicindelini-Loricerini). Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft **10**: 1-180.
- GEBERT, J. (2007): Bemerkungen zur aktuellen Verbreitung von *Carabus menetriesi pacholei* in Sachsen. Ent. Nachr. Ber. **51**: 101-105.
- GEISER, R. (1985): Überblick über den gegenwärtigen Bearbeitungsstand der faunistisch-ökologischen Erfassung der Käfer Bayerns. Mitt. Münchner Ent. Ges. **74**: 129-154.
- GUÉORGUIEV, V.B., GUÉORGUIEV, B.V. (1995): Catalogue of the ground-beetles of Bulgaria (Coleoptera, Carabidae). Pensoft Publishers, Sofia-Moscow: 279 pp.
- GUÉORGUIEV, V.B. (1989): A contribution to the study of family Carabidae in Bulgaria. II. Acta Zool. Bulg. **38**: 82-84 (in Bulgarisch).
- GLENZ, R. (1971): *Carabus menetriesi* Humm. im Bayerischen Wald. Nachrichtenblatt Bayer. Entom. **20** (1): 14-15.
- GLENZ, R. (1983): Beobachtungen zur Schmetterlingsfauna aus dem Donau-Raum Ostbayerns. Ent. Z. **93** (15): 209-219 und (16): 230-231.
- GLENZ, R. (2003): Schriftl. Mitt. vom 3.2. 2003.
- HARRY, I. (2002): Habitat und Ökologie von *Carabus menetriesi pacholei* im voralpinen Hügelland. Unveröff. Manuskript, 42 S. + Anl.
- HARRY, I., ASSMANN, T., RIETZE, J., TRAUTNER, J. (2006): Der Hochmoorlaufkäfer *Carabus menetriesi* im voralpinen Moor- und Hügelland. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 53-64.
- HENNICKE, F., KULBE, J. (2005): Ein Nationalpark im Peenetal. Zweckverband „Peenetal-Landschaft“ (Anklam), Eigenverlag, Greifswald: 19 S.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. **25**: 1965-1978. <http://www.worldclim.org>
- HOLDHAUS, K. (1954): Die Spuren der Eiszeit in der Tierwelt Europas. Abh. Zool.-Bot. Ges. Wien **18**: 1-493.
- HORION, A. (1966): Neue und bemerkenswerte Käfer in Deutschland. 8. Nachtrag zum „Verzeichnis der Käfer Mitteleuropas“. Ent. Bl. **61** (3): 134-181.
- HURKA, K. (1972): Über Ergebnisse der Aufzucht von mitteleuropäischen Laufkäfern der Gattung *Carabus*. Pedobiologica **12**: 244-253.
- HURKA, K. (1973): Fortpflanzung und Entwicklung der mitteleuropäischen *Carabus*- und *Procerus*-Arten. Studie cesl. Akad. Ved. **9**: 1-78.
- KÖLLING, C. (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. AFZ/ Der Wald **62**: 1242-1245.
- KÖLLING, C., ZIMMERMANN, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber Klimawandel. Gefahrstoffe-Reinhalte der Luft der Luft **67**: 259-268.
- KÖLLING, C., KNOKE, T., SCHALL, P., AMMER, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv **80**: 42-54.
- KORELL, A. (2006): Auf der Suche nach *Carabus menetriesi* in Bayern. Angewandte Carabidologie Suppl. **5**: 51.
- KROGERUS, R. (1960): Ökologische Studien über nordische Moorarthropoden. Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Biologicae **21** (3): 1-238.
- LINDROTH, C.H. (1960): Coleopteren, hauptsächlich Carabiden aus dem Diluvium von Hösbach. Pous. Ent. Lund **25**: 111-128.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Hrsg.) (2002): Historische Moorkarte Bayerns auf Grundlage der Moorübersichtskarte 1914 der Königlich Bayerischen Moorkulturanstalt München, Augsburg.
- MANDL, K. (1951): Ergebnisse einer gelegentlich der Neuaufstellung der Koleopterensammlung durchgeführten Revision der Carabiden-Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien (1.Teil). Ann. Naturhist. Ver. Wien **58**: 122-126.
- MANDL, K. (1956): Die Käferfauna Österreichs. III. Die Carabiden Österreichs, Tribus Carabini, Genus *Carabus* - Kol. Rdsch. **34** (1-3): 4-41.
- MARTSCHEI, T., MEITZNER, V. (2006): *Carabus menetriesi* in Mecklenburg-Vorpommern. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 93-95.
- McLACHLAN, J.S., HELLMANN, J.J., SCHWARTZ, M.W. (2006): A framework for debate of assisted migration in an era of climate change. Conservation Biology **21** (2): 297-302.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2000): Böhmischer Hochmoor-Laufkäfer – ein bayerischer Endemit. LWF-aktuell **25**: 32.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2003): Der Hochmoorlaufkäfer – Prioritäre Art in guten Händen. LWF aktuell **38**: 36.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2004): Tagungsbericht zum 1. Internationalen Expertentreffen zum Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) vom 15./16.11.2002. Insecta **9**: 87-91.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2005a): Distribution, habitat requirements and protection of the priority species *Carabus menetriesi pacholei* Sok. in eastern Bavaria (EU habitats directive, annex II). Verh. Ges. Ökol. **35**: 372.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2005b): Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*). In: LWF & LfU (Hrsg.): Kartieranleitung für die Arten nach Anhang II der FFH-Richtlinie in Bayern (Stand Februar 2005): 80 S.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2005c): Natura 2000-Arten, Folge 2: Exklusives Eiszeitrelikt. Der Hochmoorlaufkäfer. AFZ/ Der Wald **14**: 766.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2006a): Verbreitung und Lebensraumsprüche der prioritären FFH-Anhang II-Art Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) in Ostbayern. Angewandte Carabidologie Suppl. **4**: 65-85.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2006b): *Carabus menetriesi pacholei*. In: SCHNITZER, P. et al. (Hrsg.): Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFH-Richtlinie. Ber. LfU Sachsen-Anhalt, Sonderheft **2**: 141-142.
- MÜLLER-KROEHLING, S., FRANZ, C., BINNER, V., MÜLLER, J., PECHACEK, P., ZAHNER, V. (2006): Artenhandbuch der für den Wald relevanten Tier- und Pflanzenarten des Anhangs II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und des Anhangs I der Vogelschutz-Richtlinie in Bayern (4. Aktualisierte Fassung). Freising: 187 S. + Anh.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (1994): Ein Käfer gegen die Autobahn? Insecta **3**: 51-65.
- MÜLLER-MOTZFELD, G., HARTMANN, M. (1985): Semiedaphische Coleoptera im NSG „Peenetalmoor“. Naturschutzarbeit in Mecklenburg **28**: 25-32.
- MÜLLER-MOTZFELD, G., TRAUTNER, J., BRÄUNICKE, M. (2004): Raumbedeutsamkeitsanalysen und Verantwortlichkeit für den Schutz von Arten am Beispiel der Laufkäfer. Naturschutz und Biologische Vielfalt **8**: 173-195.
- NATIONALPARKVERWALTUNG BAYERISCHER WALD (Hrsg.) (2008): Natura 2000 – Management im Nationalpark Bayerischer Wald. Wiss. Schriften. NP **17**: 251 S. + Anl.

- NÜSSLER, H. (1965): *Carabus menetriesi pseudogranulatus* ssp. n. aus dem sächsischen Erzgebirge. Entomologische Abhandlungen Staatl. Museum f. Tierkunde Dresden **31**: 307-317.
- NÜSSLER, H. (1969): Zur Ökologie und Biologie von *Carabus menetriesi* Hummel. Entomologische Abhandlungen Staatl. Museum f. Tierkunde Dresden **36** (7): 281-302.
- OKE, T.R. (1987): Boundary Layer Climate. 2nd edition, Routledge, London-New York: 435 pp.
- PAILL, W., MAIRHUBER, C., ZULKA, K. P., TRAUTNER, J., RIETZE, J. (2006): Verbreitung und Schutz der prioritären FFH-Art *Carabus menetriesi pacholei* (Hochmoorlaufkäfer) in Oberösterreich. Unveröff. Gutachten im Auftr. Oberösterreichische Landesregierung: 50 S. + Anh.
- PAWLOWSKI, J. (2006): The *Carabus menetriesi*, a postglacial (or glacial and maybe preglacial?) relic in Poland and in adjacent countries of Central and Eastern Europe. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 97-100.
- POKORNY, J. (2007): Beitrag zur Kenntnis des Laufkäfers *Carabus menetriesi* HUMMEL. (Prispevek k ponani strevlika *Carabus menetriesi* HUMMEL, dt. Übersetzung M. Jeremies). Listy Entomologickeho klubu pri Labskych piskovcich **7**: 9-12.
- POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (PIK) (2010): Klimawandel und Schutzgebiete. <http://www.pik-potsdam.de/~wrobel/sg-klima-3/landk/Straubing-Bogen.html?id=1>
- PRIEHÄUSSER, G. (1956): Die Hochmoore im Osten des Forstamtes Buchenau und deren klimatischer Einfluss auf die im Westen anschließende Waldlandschaft. Forstwiss. Centralbl. **75**: 207-222.
- REISER, P.-L. (1972): Vergleichende Untersuchungen an *Carabus menetriesi* Humm. Nachrichtenblatt Bayer. Entomol. **21**: 58-61.
- REISER, P.-L. (2006): Über verschiedene Populationen des *Carabus menetriesi* Hummel (*C.m. witzgalli* sp. nov.). Angew. Carabidologie, Suppl. **4**: 39-49.
- RITT, R. (2008): Hochmoorgelbling in der Wilden Au. Pressemitteilung der Bund Naturschutz, KG Passau, vom 13.08.2008.
- SCHLUMPRECHT, H., BITTNER, T., JAESCHKE, A., JENTSCH, A., REINEKING, B., BAIERKÜHNLEIN, C. (2010): Gefährdungsdiskussion von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels. Naturschutz und Landschaftsplanung **42** (10): 293-303.
- SOKOLAR, F. (1911a): *Carabus pacholei* Sklr. Dt. entomol. National-Bibliothek: 139.
- SOKOLAR, F. (1911b): Eine neue Caraben-Species aus Mitteleuropa. Entomol. Rdsch. **28**: 13-14.
- SPEKAT, A., ENKE, W., KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hochaufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI – OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES – Szenarien B1, A1B und A2. Projektbericht im Rahmen des F+E-Vorhabens 204 41 138 „Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland“. Mitteilungen des Umweltbundesamtes, Dessau.
- TOLKE, D. (2006): Aktuelle Situation des Vorkommens von *Carabus menetriesi* in Sachsen. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 35-37.
- TURIN, H., PENEV, L., CASALE, A. (eds.) (2003): The Genus *Carabus* in Europe. A Synthesis. Pensoft Publishers: Sofia-Moscow: 512 pp.
- TRAUTNER, J., ASSMANN, T., DREES, C., EGGERS, J., HARRY, I., RIETZE, J. (2005): A morphometric approach to evaluate the Central European subspecies of *Carabus menetriesi* Faldermann in Hummel, 1827: cutting the Gordian knot? Proc. 12th Eur. Carabidologists Meeting Murcia: 127-128.
- VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten (Karte 1:500.000). Aus der geologischen Geschichte Österreichs 2. Wien: 24 S.
- WALENTOWSKI, H., MÜLLER-KROEHLING, S. (2009): Natura 2000, Biodiversität und Klimawandel. LWF aktuell **69**: 6-7.
- WEBER, F. (1983): Die tageszeitliche Aktivitätsverteilung von *Carabus problematicus* im Laborexperiment und im natürlichen Habitat. Proc. 4th Symp. Eur. Carabidologists (Wageningen): 60-73.
- ZULKA, K.-P., PAILL, W. (2006): *Carabus menetriesi pacholei* Sokolar, 1911 in Österreich. Angew. Carabidologie Suppl. **4**: 87-92.

submitted: 20.01.2012

reviewed: 08.03.2012

accepted: 19.04.2012

Autorenanschrift:

Stefan Müller-Kroehling (Korrespondierender Autor),
Abteilung „Biodiversität, Naturschutz, Jagd“ und
Dr. Christian Kölling, Abteilungsleiter „Boden und Klima“,
LWF, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft,
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: Stefan.Mueller-Kroehling@lwf.bayern.de

Cand. stud. Forstwirtschaft Kathrin Engelhardt absolvierte
2010 ein Betriebspraktikum an der LWF und führte in diesem
Rahmen die Fundpunkt-Kartenrecherche durch.