Einfluß von Flächengröße und Isolation auf die Präsenz von Grabwespen (Hymenoptera; Sphecidae)

Mike Herrmann

Abstract: The effect of habitat size and isolation on the occurrence of digger wasps (Hymenoptera; Sphecidae): Ground nesting digger wasps were surveyed on isolated dry sites of different patch size (750 m² - 200 ha). During two years of investigation 54 species, i.e. 53 % of the species occurring in Northwest Germany, were recorded. Numbers of species ranged from 24 to 46 per site. At two rural sites in the city of Oldenburg almost 75 % of the species occurring on genuine dry sandy sites could be recorded. 23 species were found on all dry sites, where they make up 50 to 82 % of the respective species spectra. The faunal similarities of these sites are therefore very high, but decline significantly with increasing distance between the sites. This can be interpreted as a hint that the remaining dry sandy sites in the survey area in fact are isolated. With declining size of sites, species numbers decline to a small degree but significantly and the occurrence of common digger wasp species increases significantly. The small sites were inhabited almost exclusively by the eurytope sand species and ubiquitous digger wasps. Species characteristic of drifting sands and other rare species were found mostly on larger sites. High abundances of these species were only recorded there.

1. Einleitung

Wie sich bei Vögeln und Säugetieren die Verinselung und Verkleinerung ihrer Lebensräume auswirkt, ist vielfach untersucht worden. Für die meisten Wirbellosengruppen ist der Wissensstand zu den Auswirkungen der Landschaftsfragmentierung nur gering. Auch wenn der Flächenbedarf von Insektenpopulationen vergleichsweise niedrig ist, kann bei ihnen die Lebensraumgröße und die Erreichbarkeit benachbarter Standorte für das langfristige Überleben entscheidend sein (u.a. REMMERT 1979, MÜHLENBERG & WERRES 1983, WEBB & THOMAS 1994, HANSKI et al. 1995). Besonders bei den Arten naturnaher Lebensräume sind die Populationen durch die moderne Landnutzung und die damit verbundene Fragmentierung ihrer Habitate oftmals stark isoliert und so der Gefahr eines lokalen Aussterbens ausgesetzt (HOPKINS & WEBB 1984, THOMAS 1994). Im Norddeutschen Flachland kam es Ende des vorigen Jahrhunderts zu einer grundlegenden Nutzungsänderung der dilluvialen Sandböden (HETZEL 1957, POTT & HÜPPE 1991). Die ehemals großflächig vorherrschenden oligotrophen Sandtrockenrasen und Heiden sind nahezu gänzlich gut gedüngten Kulturflächen gewichen. Für die auf Sandtrockenrasen angewiesene Biozönose hat sich diese Landschaft von einem großen Kontinuum in eine Inselwelt aus zumeist kleinen Biotopresten gewandelt. Die im Boden nistenden Stechimmen gehören in diesem Lebensraum zu den charakteristischen Tiergruppen und sind von dessen Zerstörung stark betroffen, wie der großflächige Rückgang mehrerer lebensraumtypischer Arten belegt (HAESELER 1985a). Anhand unterschiedlich großer und isolierter Sandtrockenrasen wurde für die bodenbewohnenden Grabwespen überprüft, ob sich die Flächengröße und die Entfernung zwischen den Standorten auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften auswirkt.

2. Untersuchungsgebiet

2.1. Klima, Geologie und Vegetation

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im nordwestdeutschen Tiefland im nördlichen Teil der Wildeshauser Geest. Das Gebiet liegt 75 km von der Nordseeküste entfernt und reicht nach Norden bis zur Stadt Oldenburg (Abb. 1). Nach Westen und Nordosten schließen sich ehemalige Hochmoore an. Die Küstennähe sorgt - bei einer Lage von 4 bis 26 m über NN - für ein ausgeprägt wintermildes, maritimes Klima mit durchschnittlichen Niederschlägen von 750 bis 800 mm pro Jahr.

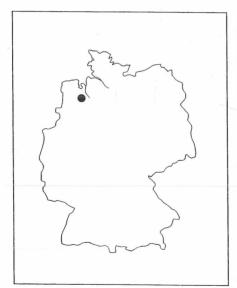
DROSERA '99

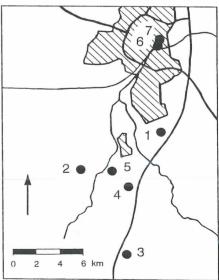
Die Böden bestehen großflächig aus glazialen, mehr oder weniger ebenen Flugsanden (Geest) und vereinzelt auch aus welligen, holozänen Sandaufwehungen (Binnendünen). Die mittel- bis grobkörnigen Sande sind basen- und nährstoffarm und lassen nur eine schüttere Vegetation aufkommen. Noch bis Ende des vorigen Jahrhunderts wurde hier großflächig Schafhaltung und Plaggeneschwirtschaft betrieben, wodurch große baumlose Heiden und Magerrasen entstanden. Durch groß angelegte Meliorationsmaßnahmen ab 1868 und das Aufkommen von Kunstdünger wurden die traditionellen Bewirtschaftungsformen innerhalb weniger Jahrzehnte aufgegeben und der Großteil der Heideflächen in Grünland und Äcker umgewandelt (HETZEL 1957).

Auf den Resten dieser Sandtrockenhabitate bilden neben *Calluna*-Heiden kurze, lockerwüchsige Grasfluren, die pflanzensoziologisch zu dem Thero-Airion (Kleinschmielenrasen) und dem Corynephoretion (Silbergrasfluren) gehören, die charakteristischen Vegetationsformationen. Diese Gesellschaften kommen auf nicht oder extensiv bewirtschafteten Sandflächen vor, die abseits der Küste nur noch auf den wenigen erhaltenen Binnendünenresten sowie kleinflächig an Wegrändern und Sandabbaustellen vorhanden sind (JECKEL 1984). Das extreme Mikroklima der Sandtrockenrasen wurde eingehend von Berger-Landefeldt & Sukopp (1965) und Lache (1976) beschrieben.

2.2. Auswahl und Lage der Flächen

Anhand bodenkundlicher Karten wurde das Gebiet flächendeckend nach möglichst gering bewachsenen Sandtrockenrasen abgesucht. Es zeigte sich, daß fast die gesamte Fläche land- und forstwirtschaftlich genutzt wird und kaum noch flächige Bereiche mit typischer Sandtrockenrasenvegetation vorhanden sind. Von den wenigen in Frage kommenden Standorten wurden die fünf größten und am besten ausgebildeten ausgewählt. Daß auch kleinere Flächen einbezogen werden mußten, zeigt, wie selten der bearbeitete Biotoptyp hier geworden ist. Die Entfernungen der Geestflächen zueinander betragen 2,2 bis 11,1 km. Die Größe der Flächen reichte von 750 m² bis 200 ha. Die einzelnen Standorte wurden nicht landwirtschaftlich genutzt und waren jeweils reich strukturiert. Sie wiesen die verschiedenen Sukzessionsstadien von Sandtrockenrasen auf, von offensandigen Bereichen bis zu Hochstaudenfluren und kleinen Gehölzen (Tab. 1). Zwei ruderale, sandige Flächen im Stadtgebiet von Oldenburg, die als Lebensraum für sandbewohnende Grabwespen in Frage kommen (s. HERRMANN 1992), wurden in gleicher Weise mitbearbeitet. Für viele Aculeate sind Städte wichtige Refugien, da hier zahlreiche verschiedene Nistgelegenheiten und ein ganzjährig reiches Nahrungsangebot nahe beieinander liegen (u.a. STRITT 1969, Tischler 1973, Klausnitzer & Klausnitzer 1993, Windschnurer 1997).





	1	Büm	Standortübungsplatz Bümmerstede	200 ha	MD 4982
	2	Lit	Littelner Fuhrenkamp	0,6 ha	MD 4277
+	3	Hen	Hengstlage	1,5 ha	MD 4671
	4	Hoh	Hohensand	10 ha	MD 4776
	5	War	sandige Weggabelung bei Wardenburg	0,075 ha	MD 4578
-	6	Bhf	Ruderalfläche beim Oldenburger Hbf	4 ha	MD 4990
	7	Bra	städtische Brache	0,7 ha	MD 4989

Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes und der einzelnen Standorte mit den dazugehörigen Koordinaten im UTM-Gitter.

Standortübungsplatz Bümmerstede (Büm)

Das Militärgelände befindet sich am Ende einer alten Binnendünenkette aus Flugsanden des Huntetals und war mit ca. 200 ha die größte Untersuchungsfläche. Das Gelände war durch die Aktivitäten der Militärfahrzeuge reich strukturiert und besaß weite offensandige Bereiche. Zwischen diesen 'Panzerstraßen' wuchsen verschiedene gut ausgebildete Sandmagerrasengesellschaften und größere Kiefern- und Eichen-Birkengehölze (vgl. FINCH 1997). In dem von Kiefernforsten umgebenen Gebiet gab es mehrere ruderalisierte Bereiche, die kleinflächig eine arten- und blütenreiche Flora beherbergten. In dem sehr strukturreichen Gebiet wurden 314 Blütenpflanzen erfaßt.

Littelner Fuhrenkamp (Lit)

Diese Fläche bestand aus dem zentralen Teil eines breiten, wenig befahrenen Sandweges, dessen weitläufige Ränder durch einen Schießstand und einen Eichen-Kiefernforst begrenzt waren. Das blütenarme Vegetationsbild wurde auf den zumeist verfestigten Sanden von Moosrasen, Grasformationen und Calluna vulgaris-Beständen bestimmt. Kaninchen sorgten für kleine Abbruchkanten und aufgelockerte Bereiche. Unter Einbeziehung eines wiesenartigen Randbereiches wurden hier 111 Pflanzenarten gezählt. Dieser Sandweg ragte durch den zumeist spärlichen Bewuchs und seine Größe in Verbindung mit dem besonnten Waldrand gegenüber anderen sandigen Forstwegen deutlich heraus.

Hengstlage (Hen)

Die 1,5 ha große Fläche war durch ein Vegetationsmosaik mit mehreren freien Sandstellen und blumenreichen Trockenwiesen geprägt. Der Magerrasenanteil betrug gut 30 %. Durch den Eintrag von landwirtschaftlichen Abfällen begünstigt, schlossen sich teils trockene, teils frische Hochstauden mit einzelnen Gehölzen an. Auf dieser Fläche wurden 203 Samenpflanzen gefunden. Durch bäuerliche Sandentnahmen gab es zwei größere Bereiche mit Abbruchkanten. Das blütenreiche Gebiet wurde zusammen mit einem kleinen Forst auf allen Seiten von landwirtschaftlichen Nutzflächen begrenzt (Abb. 2).



Abb. 2: Silbergrasfluren der Untersuchungsfläche bei Hengstlage mit übergangslos angrenzendem Maisfeld.

Hohensand (Hoh)

Die Fläche Hohensand bestand aus vier nahe beieinander liegenden, aber deutlich voneinander getrennten Teilflächen (A - D) mit jeweils etwas unterschiedlichen Ausprägungen (Abb. 3). Da die geringen Abstände, sie betrugen 120 bis 470 m, für fliegende Insekten leicht zu überbrücken sind, wurde Hohensand als eine große Fläche mit vier Konzentrationsbereichen betrachtet. Bei der Gesamtfläche (10 ha) wurden neben den vier Teilflächen auch verbindende Strukturen wie Straßenränder und Wiesen eingerechnet, die als Nahrungshabitat in Betracht kommen.

A) Teilfläche A war eine 180 m² große, mit 40° nach Westen exponierte Böschung zwischen einem Weizenfeld und einem asphaltierten Weg. Auf dem nur 5 m breiten Streifen gab es mehrere kleine Abbruchkanten. Der gut ausgebildete Sandtrockenrasen war sehr blütenreich und hatte punktuell ruderale Aspekte.

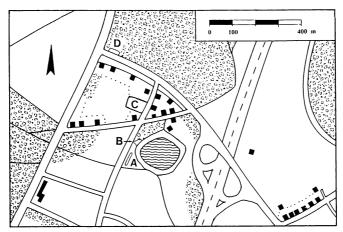


Abb. 3: Die vier nahe beieinander liegenden, aber jeweils durch Felder, Wiesen und Pflanzungen getrennten Teilflächen (A - D) von Hohensand.

- **B)** Die 250 m² große Teilfläche B lag am Anfang eines Stichweges und war Zufahrt zu einem Baggersee. Die Zufahrt wurde von den Autos der Angler offen gehalten. Der auf zwei Seiten von Sträuchern eingefaßte Bereich war vollkommen eben und bestand neben losen Sanden aus schütter bewachsenen Gras- und Moosrasen.
- C) Zwischen zwei Einfamilienhäusern befand sich eine ca. 4500 m² große ungenutzte Baulücke. Das plane Gelände selber war gehölzfrei, größtenteils aber von Baumreihen umgeben. Der Großteil der Fläche war blütenarm und wurde von alten, moosdominierten und verfilzten Silbergrasrasen, die in Agrostis vinealis-Wiesen übergingen, dominiert. Vereinzelt gab es alte Kaninchenbauten und vegetationsarme Bereiche.
- **D)** Teilfläche D war ein 500 m² großer Ausschnitt aus einem mit 40° südexponierten, straßenbegleitenden Wall, auf dem die meisten angepflanzten Gehölze nicht angewachsen sind. Auf dem verdichteten und nur spärlich, überwiegend von Gräsern bewachsenen Sand gab es kaum entomophile Pflanzen.

Sandige Weggabelung südlich von Wardenburg (War)

Diese kleine Fläche (750 m²) lag in der Gabelung zweier Sandwege, von denen der eine den inzwischen überholten Namen "An der Sanddüne" trug. Die Fläche war nach Südosten durch ein großes Weizenfeld, nach Norden durch einen kleinen Kiefernforst mit anschließenden Feldern begrenzt. Neben lockerem Sand mit der typischen Flugsandflora gab es verfestigte Bereiche mit Moosrasen, *Hieracium pilosella-*, *Calluna vulgaris-* und *Nardus stricta-*Beständen sowie eine durch Gartenabfälle entstandene blütenreiche, ruderale Ecke. Dieser kleine aber strukturreiche Sandtrockenrasen vermittelte einen guten Eindruck, wie früher die Wegränder im Gebiet ausgesehen haben.

Bahnbrache beim Oldenburger Hauptbahnhof (Bhf)

Auf dem ca. 4 ha großen und abwechslungsreich strukturierten Areal waren von vegetationslosen Schotterfluren und durch Gleisrückbau entstandenen offenen Stellen bis zu dichten Gebüschen alle Sukzessionsstadien in verschiedensten Ausprägungen vorhanden. Sandige Bereiche mit Trockenrasenvegetation kamen nur an wenigen Stellen und in verhältnismäßig geringem Umfang vor (insgesamt ca. 4000 m²). Mit 312 Blütenpflanzen war über die Hälfte der urbanen Flora auf dem Gelände vertreten (HERRMANN 1994).

Tab. 1: Strukturelemente auf den Untersuchungsflächen. (Angaben zu den Flächengrößen: +++ = großflächig und wiederholt, ++ = ausgeprägt, + = spärlich, - = nicht vorhanden)

Strukturelement	Büm	Lit	Hen	Hoh	War	Bhf	Bra
Verfestigte Wege	-	++	+	+	+	+	+++
Abbruchkanten und Kaninchenbauten	++	+	++	+	+	+	+
Vegetationsfreier, lockerer Sand	+++	+	++	++	++	+	+
Silbergrasflur	+++	+	++	++	+	+	-
Blumenreiche Sandtrockenrasen	+	+	+++	+++	+	+	+
Kormophytenarme Moosrasen	++	+++	+	++	++	+	+++
Besenheide	++	+++	++	+	+	-	-
Gräserdominierte "Wiesen"	+	+	+	+	++	+	++
Trockene Hochstauden	+	+	++	+	+	+++	++
Ruderalfluren	++	-	+	+	++	+++	++
Gehölze	++	++	+	+	++	++	+

Tab. 2: Häufigkeiten der vorherrschenden entomophilen Pflanzen auf den Untersuchungsflächen: +++ = zahlreich, ++ = regelmäßig, + = selten, - = nicht auf der Fläche vorkommend.

Pflanzenart	Büm	Lit	Hen	Hoh	War	Bhf	Bra
Achillea millefolium	++	+	++	++	+	++	+
Aegopodium podagraria	+++	-	++	-	+	+	+++
Arabidopsis thaliana	++	++	++	++	++	++	++
Arenaria serpyllifolia	++	++	++	++	++	++	++
Calluna vulgaris	++	+++	++	+	+	-	-
Campanula rotundifolia	++	++	+++	++	++	+	+
Chaerophyllum temulum	++	-	+++	-	-	+	-
Cirsium arvense & C. vulgare	+++	+	+++	+	+	+++	++
Crepis capillare	+	+	++	+	-	+	++
Cytisus scoparius	+	+	++	++	+	++	-
Epilobium angustifolium	+++	-	+	-	-	+++	+
Erodium cicutarium	+++	++	++	+++	++	++	+
Frangula alnus	++	+++	++	++	++	+	-
Heracleum sphondylium	++	-	+	-	-	+	+
Hieracium pilosella	+++	++	+++	++	++	++	++
Hieracium umbellatum	++	++	+	+	-	++	+
Hypericum perforatum	+++	+	++	+	-	++	-
Hypochoeris radicata	+++	++	+++	+++	++	++	+++
Jasione montana	++	+	++	+++	+	+	-
Leontodon autumnalis	+++	++	++	++	+	++	+++
Linaria vulgaris	++	++	++	+++	-	++	-
Ornithopus perpusillus	++	++	++	+++	++	++	++
Rubus fruticosus agg.	+	+	+	+++	++	+++	+
Sedum acre	++	+	+	++	-	+	-
Solidago gigantea & S. canadensis	++	-	+	-	-	+++	+++
Spergula morisonii	+++	++	++	+++	+	-	-
Spergularia rubra	++	+	+	+	-	+	-
Tanacetum vulgare	+++	+	++	+	+	++	++
Taraxacum officinale	++	+	+	+	+	+	++
Teesdalia nudicaulis	++	+	+	++	+	+	-
Tripleurospermum inodorum	+++	+	+++	++	+	+++	++
Vaccinium myrtillus	++	++	+	-	+	-	-
Veronica arvensis	++	+	++	++	+	+	+

Brache (Bra)

Durch Wohnhäuser und Messehallen getrennt, lag - 600 m vom Bahnhof entfernt - mitten in einem Wohngebiet eine trockene Brache. Elf Jahre vor dieser Untersuchung wurde hier eine Fabrik abgerissen und auf sandigem Untergrund einplaniert. Während sich am Rande arten- und blütenreiche Hochstauden entwickelt hatten, war der zentrale Teil des 7000 m² großen Geländes schütter bewachsen. Auf dem verdichteten Boden war nur ein Teil der charakteristischen Sandtrockenrasenflora präsent, doch war die Physiognomie der Vegetation naturnaher Standorte sehr ähnlich. Durch Kinderspiel, grabende Hunde und Nutzung als Parkplatz gab es mehrere lockersandige Stellen und kleine Kanten.

3. Material und Methoden

Die Untersuchungsflächen wurden 1993 und 1994 von Ende Mai bis Ende September regelmäßig aufgesucht und der Größe entsprechend jeweils so lange begangen, daß alle für die bodenbewohnenden Grabwespen relevanten Strukturen dreimal angelaufen werden konnten. Insgesamt wurden pro Fläche 12 bis 16 Erfassungen bei günstiger Witterung und mehrere bei suboptimalen Bedingungen durchgeführt. Beim Standort Hohensand wurden die vier Teilflächen zunächst separat begangen und ausgewertet; für die Gesamtbetrachtung werden die Ergebnisse zusammengefaßt. Während im ersten Jahr eine für alle Arten gleichermaßen intensive Erfassung angestrebt wurde, lag der Schwerpunkt im zweiten Jahr auf der gezielten Suche nach neuen und auf den einzelnen Teilflächen bisher nicht nachgewiesenen Arten. Die Erfassung der Tiere erfolgte durch Streif- und Sichtfänge mit einem feinmaschigen Drahtbügelnetz. Für die Auswertung und Diskussion wurden nur die endogäisch (im Boden) und die überwiegend endogäisch, aber auch hypergäisch in mineralischem Substrat (z.B. Mauerritzen) nistenden Grabwespen (Crabro cribrarius, Crossocerus distinguendus, C. elongatulus, C. varus) sowie die parasitischen Arten der Gattung Nysson betrachtet. Die Nomenklatur richtet sich nach Schmidt & Schmidteger (1997); die Determination erfolgte nach Oehlke (1970), Jacobs & Oehlke (1990), Dollfuss (1991), Anthropov (1992) und Schmid-Egger (1996b).

Zur Ermittlung der Übersehensrate und des Erfassungsgrades werden zwei Verfahren angewandt. Bei Sortierung der Flächen nach Zuwachs neuer Arten ergibt sich eine Sättigungskurve, deren Grenzwert mittels einer Time-series-Trendanalyse errechnet wird. Die Anzahl der noch nachweisbaren Arten wird auch anhand der Jackknife-Abschätzung ermittelt (Sj = y° + (n - 1 / n) k) (HELTSHE & FORRESTER 1983, MAGURRAN 1988). Das Jackknife-Verfahren basiert auf der Größe des Stichprobenumfanges und auf der Anzahl der nur einmal auftretenden Fälle. Bei der Gesamtbetrachtung ist dies die Anzahl der nur für eine Untersuchungsfläche belegten Arten. Für die einzelnen Flächen ist dies die Anzahl der nur an einem einzigen Untersuchungstag festgestellten Arten. Alle weiteren statistischen Auswertungen wurden mit dem Softwareprogramm UNISTAT 3.0 durchgeführt. Ähnlichkeiten zwischen einzelnen Flächen werden durch den Vergleich der ermittelten Artengemeinschaften dargestellt. Bei alleiniger Berücksichtigung der Artpräsenz wird der Sörensen-Quotient (SQ = 2G x 100 / S1 + S2) und der Ähnlichkeiter-Koeffizient nach Jaccard (C) = G x 100 / S1 +

meinschaften dargestellt. Bei alleiniger Berücksichtigung der Artpräsenz wird der Sörensen-Quotient (SQ = 2G x 100 / S1 + S2) und der Ähnlichkeits-Koeffizient nach Jaccard (C_J = G x 100 / S1 + S2 - G) berechnet (vgl. Mühlenberg 1993: 344; Magguran 1988: 95). S1, S2 ist die jeweils im Gebiet 1 bzw. 2 festgestellte Artenzahl, G ist die Anzahl gemeinsam vorkommender Arten. Bei Einbeziehung der Dominanzanteile der Arten wird der Wainstein-Index (Kw = C_J x Re) errechnet; Re = \$\frac{g}{g}\$ mm D_{1,2}, wobei D die Summe der Individuen der Art_i ist.

4. Ergebnisse

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 3575 Individuen aus 91 Arten erfaßt. Diese stellen 51,7 % der aus dem nordwestdeutschen Flachland bekannten Arten (N = 176, Haeseler mdl.). Die Bodenbewohner sind mit 3336 Tieren (93,3 %) und 54 Arten vertreten (Tab. 3). Die 37 oberirdisch nistenden Grabwespenarten stellen bei 40,7 % aller erfaßten Arten nur einen Individuenanteil von 6,7 % (Tab. 4). Beide ökologischen Gruppen wurden mit einem ähnlich hohen Anteil wie im Gesamtartenspektrum des nordwestdeutschen Flachlandes nachgewiesen. Da die Habitate der hypergäisch nistenden Arten nicht speziell aufgesucht wurden, sind diese als zufallsverteilter Beifang zu bewerten. Im weiteren werden nur die bodenbewohnenden Grabwespen behandelt.

4.1. Das Arteninventar im gesamten Gebiet und auf den einzelnen Flächen

Mit 54 festgestellten Arten sind die bodenbewohnenden Grabwespen im Gebiet gut repräsentiert. In den vorausgegangenen Jahren wurden einige Arten mehrfach bei anderen Untersuchungen nachgewiesen, die in der vorliegenden Untersuchung nicht erfaßt werden konnten (z.B. Oxybelus quatuordecimnotatus und Crossocerus ovalis). Das regional vorhandene Artenspektrum ist demnach nicht komplett erfaßt worden. Zur Ermittlung des Erfassungsgrades können die Werte der Flächen nach der Anzahl neu hinzukommender Arten sortiert werden. Bei der Sortierung nach geringstem Artenzuwachs flacht sich die Sättigungskurve gegen Ende deutlich ab (Abb. 4). Bei der nach maximalem Zuwachs sortierten Reihe sind bereits mit der vierten Fläche alle nachgewiesenen Arten erfaßt und die Kurve läuft sehr flach aus. Die time-series-Trendanalyse ergibt für die nach maximalem Zuwachs geordnete Kurve einen Grenzwert von 55,9, für die nach geringstem Zuwachs geordnete Kurve eine Grenzwert von 58,8 Arten. Demnach hätten im Untersuchungsgebiet zwei bis fünf weitere Grabwespenarten erfaßt werden können. Nach dem Jackknife-Verfahren, bei dem die Anzahl der nur auf einer Fläche nachgewiesenen Arten (N = 7) für die Übersehensrate zugrunde gelegt wird, ergibt sich ein Wert von 60,0.

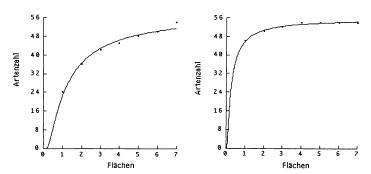


Abb. 4: Kumulativer Artenzuwachs mit zunehmender Flächenzahl nach minimalem (a) und maximalem (b) Zuwachs sortiert.

Tab. 3: Nachweise der endogäisch nistenden Grabwespen i.w.S. auf den Untersuchungsflächen. Zahlen = Individuenzahlen; + = von Finch (1997) als Beifang ermittelte Arten. Σ = Summe der Individuen einer Art, F = Anzahl der Flächen mit Artnachweis.

	Büm	Lit	Hen	Hoh	War	Bhf	Bra	Σ	F
Ammophila campestris Latreille 1809	7	-	-	-	-	_	-	7	1
Ammophila pubescens Curris 1829	4		1	-	-	-	-	5	2
Ammophila sabulosa Linneaus 1758	62	41	31	37	23	11	-	205	6
Argogorytes fargei (Shuckard 1837)	1	-	-	-	-	2	1	4	3
Cerceris arenaria Linneaus 1758	14	53	-	5	2	72	86	232	6
Cerceris quadrifasciata (PANZER 1789)	2	-	-	-	-	-	-	2	1
Cerceris quinquefasciata (PANZER 1799)	10	7	7	16	8	25	-	73	6
Cerceris ruficornis (FABRICIUS 1793)	1	3	1	4	-	-	-	9	4
Cerceris rybyensis (LINNEAUS 1771)	15	24	14	8	1	15	67	144	7
Crabro cribrarius (LINNEAUS 1758)	12	1	25	15	2	3	-	58	6
Crabro peltarius (Schreber 1784)	33	21	20	32	15	14	21	156	7
Crabro scutellatus (Scheven 1781)	8	3	1	8	1	2	-	23	6
Crossocerus distinguendus (A. Morawitz 1866)		-	-	-	-	3	3	6	2
Crossocerus elongatulus (VANDER LINDEN 1829)	-	-	-	-	-	20	33	53	2
Crossocerus exiguus (Vander Linden 1829)	6	2	-	16	-	2	-	26	4
Crossocerus palmipes (Linnaeus 1767)	+	7	6	41	13	-	-	67	4
Crossocerus quadrimaculatus (FABRICIUS 1793)		27	33	34	22	-	-	147	5
Crossocerus tarsatus (Shuckard 1837)	11	10	20	9	4	7	5	66	7
Crossocerus varus Lepeletier & Brullé 1835		8	3	1	1	2	1	19	7
Crossocerus wesmaeli (Vander Linden 1829)		24	26	47	50	16	17	266	7
Diodontus minutus (FABRICIUS 1793)	23	12	11	34	6	7	5	98	7
Diodontus tristis (VANDER LINDEN 1829)	26	1	23	46	28	2	-	126	6
Dolichurus corniculus (SPINOLA 1807)	1	2	-	2	-	-	-	5	3
Dryudella pinguis (Dahlbom 1832)	1	-	4	-	-	1	-	6	3
Dryudella stigma (Panzer 1809)	92	-	-	36	1	-	-	129	3
Gorytes laticinctus (LEPELETIER 1832)	2	1	-	-	-	1	-	4	3
Harpactus lunatus (Dahlbom 1832)	1	-	4	3	-	-	-	8	3
Harpactus tumidus (Panzer 1801)	4	1	-	4	-	2	-	11	4
Lestica subterranea (FABRICIUS 1775)	10	20	10	1	1	-	-	42	5
Lestiphorus bicinctus Rossi 1794	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Lindenius albilabris (FABRICIUS 1793)	18	13	19	41	56	16	34	197	7
Lindenius panzeri (VANDER LINDEN 1829)	1	1	-	4	-	-	10	16	4
Lindenius pygmaeus (Vander Linden 1829)	1	-	-	-	-	6	5	12	3
Mellinus arvensis (LINNEAUS 1758)	44	16	27	68	13	25	27	220	7
Mellinus crabroneus (Thunberg 1791)	-	-	1	-	-	1	-	2	2
Mimesa bicolor (JURINE 1807)	1	2	4	8	-	-	-	15	4
Mimesa bruxellensis Bondroit 1934	3	-	-	-	-	23	1	27	3
Mimesa equestris (FABRICIUS 1804)	34	3	6	22	15	5	3	88	7
Mimesa lutaria (FABRICIUS 1787)	12	1	3	7	2	3	3	31	7
Mimumesa atratina (A. Morawitz 1891)	1	-	-	-	-	14	-	15	2
Mimumesa unicolor (Vander Linden 1829)	2	-	-	1	4	1	-	8	4
Miscophus ater LEPELETIER 1845	36	-	2	12	-	1	-	51	4
Miscophus bicolor Jurine 1807	4	-	-	-	-	-	-	4	1
Nysson dimidiatus Jurine 1807	+	-	-	2	-	1	-	3	2
Nysson trimaculatus (Rossi 1790)	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Oxybelus argentatus Curris 1833	+	- 45	1	-	-	-	-	1	1
Oxybelus bipunctatus OLIVIER 1811	89	45	3	9	16	18	26	206	7
Oxybelus mandibularis DAHLBOM 1845	6	5	6	4	3	1	13	38	7
Oxybelus uniglumis (Linneaus 1758)	8	14	6	3	4	-	1	36	6
Philanthus triangulum (FABRICIUS 1775)	3	2	3	3	1	31	27	70	7
Podalonia affinis (KIRBY 1798)	16	7	19	26	3	4	1	76	7
Tachysphex nitidus (SPINOLA 1805)	42	1	3	-	1	2	-	49	5
Tachysphex obscuripennis (Schenck 1857)	2	-	-	-	-	-	-	2	1
Tachysphex pompiliformis (Panzer 1805)	50	20	37	30	21	12		170	6
Individuen	839	398	380	639	317	371	392	3336	
Arten	46	33	33	36	28	36	24	54	
								J-T	

Die Nachweisrate für die einzelnen Flächen lag mit 24 bis 46 Arten bei 44,4 bis 85,2 % der insgesamt erfaßten Grabwespenarten bzw. 24 bis 46 % der nordwestdeutschen Fauna. Auf mehreren Flächen wurden Arten nur mit einem einzigen Weibchen belegt, welches beim Nestbau oder beim Nestanflug mit Beute beobachtet wurde. Die Jackknife-Abschätzung ergab, daß auf den einzelnen Flächen zwischen 76,3 und 92,6 % der im zeitlichen und methodischen Rahmen nachweisbaren Arten erfaßt wurden (Abb. 5). Die mit Abstand wenigsten Einzelnachweise und die somit geringste Übersehensrate ergab sich für den Standort Hohensand.

Tab. 4: Nachweise der hypergäisch nistenden Arten auf den Untersuchungsflächen. Zahlen = Individuenzahlen; + = von Finch (1997) als Beifang ermittelte Arten. Σ = Summe der Individuen einer Art, F = Anzahl der Flächen mit Artnachweis.

	Büm	Lit	Hen	Hoh V	Var	Bhf	Bra	Σ	F
Crossocerus annulipes (LEP. & BRULLÉ 1834)	6				_	3	_	9	2
Crossocerus cetratus (Shuckard 1837)	1	_	_	_	-	-		1	1
Crossocerus megacephalus (Rossi 1790)	1	_	_	1	-	_	2	4	3
Crossocerus nigritus Lep. & Brullé 1834	'	2	_			_	_	2	1
Crossocerus podagricus (Vander Linden 1829	9) 2	2	_	_	- 5	1	1	4	3
Crossocerus vagabundus (Panzer 1798)	2	_	1	_	-	2	15	20	4
Ectemnius borealis (Zetterstedt 1838)	1	-	. 1		-	_	-	1	1
Ectemnius cavifrons (Thomson 1870)	1	_	-		- 0		1	1	1
Ectemnius continuus (FABRICIUS 1804)	36	_	12	1		7		56	4
Ectemnius dives (LEP. & BRULLÉ 1834)	30		12			2	Ī	2	1
Ectemnius lapidarius (PANZER 1804)	-	-	1	_	1	_	_	2	2
Ectemnius ruficornis (Zetterstedt 1838)	2	-	'	_	1	_	_	2	1
Ectemnius sexcinctus (FABRICIUS 1775)	_	- 0		_	_	11	5	16	2
Mimumesa dahlbomi (Wesmael 1852)		_	_	-	_	1	-	1	1
Nitela borealis Valkeila 1974	1	_	_	_	_			1	1
Passaloecus corniger Shuckard 1837	3	_	_	2		_		5	2
Passaloecus gracilis (Curtis 1834)	7	4	1	-	- 3		_	12	3
Passaloecus insignis (Vander Linden 1829)	,	4	- 1	1	-	_	1	2	2
Passaloecus insignis (VANDER LINDEN 1829)	1	_	2	5		1	1	10	5
Passaloecus turionum Dahlbom 1845	1	_	_	-		- 1		1	1
Pemphredon inornata Say 1824	6	1	2	2	2	5	2	20	7
Pemphredon lethifera (Shuckard 1837)	4	1	_	5	2	5	-	17	5
Pemphredon lugubris (FABRICIUS 1793)	2	1	1	-	1	-		5	4
Pemphredon montana DAHLBOM 1845	1		1				_	2	2
Pemphredon rugifera agg. (DAHLBOM 1845)	2		- 1			2		4	2
Psenulus concolor (Dahlbohm 1843)	1		_	_	_	_	_	1	1
Psenulus fuscipennis (Dahlbom 1843)	i	_	_	1	_	_	1	3	3
Psenulus pallipes (Panzer 1797)	4		_		_	1	· ·	5	2
Psenulus schencki (Tournier 1889)	1	_	_	_	_	-	_	1	1
Rhopalum clavipes (LINNEAUS 1758)	2	_	_	1	1	_	_	4	3
Stigmus pendulus Panzer 1804	_	_	_	i	-	_	1	2	2
Stigmus solskyi A.Morawitz 1864	_	_	_	4	-	_		4	1
Trypoxylon attenuatum F.Smith 1851	_	_	_	-	_	2	_	2	1
Trypoxylon clavicerum Lep. & Serville 1825	1	_	_	_	-	_	_	1	1
Trypoxylon figulus (Linneaus 1758)	+	_	_	1	1	_	_	2	2
Trypoxylon medium de Beaumont 1945	2	-	4		-	_	_	6	2
Trypoxylon minus de Beaumont 1945	2	2	-	-	1	3	-	8	4
Individuen	93	11	25	25	9	46	30	239	
Årten	26	6	9	12	7	14	10	37	

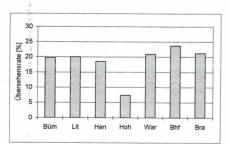


Abb. 5: Anteile übersehener Grabwespenarten am Arteninventar der einzelnen Standorte nach der Jackknife-Abschätzung.

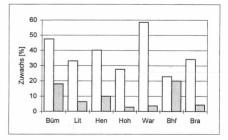


Abb. 6: Relativer Zuwachs der Individuen- (□) und Artenzahlen (■) bei den einzelnen Standorten von 1993 auf 1994.

4.2. Vergleich von 1993 und 1994

1993 war die Witterung im Frühsommer trockenwarm, im Hochsommer regenreich und mit wenig Sonnenscheinstunden; 1994 waren die Verhältnisse umgekehrt. Im ersten Untersuchungsjahr konnten für das gesamte Gebiet 50 Bodenbewohner festgestellt werden. Alle Artnachweise gelangen bis zum 4. August, obwohl zu diesem Zeitpunkt

mit 1395 Individuen erst etwas mehr als die Hälfte der in diesem Jahr insgesamt erfaßten Tiere vorlag (Abb. 7). 1994 wurden mit *Dryudella pinguis, Lestiphorus bicinctus, Cerceris quadrifasciata* und *Tachysphex obscuripennis* vier weitere Grabwespen für das Untersuchungsgebiet festgestellt. Einige Arten - z.B. *Lestica subterranea* - waren in diesem Jahr viel häufiger anzutreffen als im Vorjahr. Demgegenüber waren mehrere im Vorjahr sehr häufige Arten in wesentlich geringeren Individuenzahlen vertreten. So sanken z.B. die Nachweise von *Philanthus triangulum* von 65 auf 5, bei *Crossocerus quadrimaculatus* von 140 auf 7 Tiere. Sieben Grabwespenarten, darunter auch die im ersten Jahr auf jeder Fläche nachgewiesene Art *C. varus*, ließen sich im zweiten Untersuchungsjahr nicht mehr belegen.

Auf den einzelnen Flächen stellten sich die Verhältnisse ähnlich dar: Einige im Vorjahr festgestellte Grabwespen ließen sich 1994 nicht mehr nachweisen, während andere Arten neu nachgewiesen werden konnten. Pro Standort ließen sich im zweiten Jahr eine bis sieben Arten (im Mittel 3,0) erstmalig feststellen. Bei den Individuenzahlen kam es zu einem Zuwachs zwischen 23 % und 59 %; der relative Anteil neuer Arten ist in den meisten Fällen wesentlich niedriger (Abb. 6). Die starke Zunahme der Artenzahl bei gleichzeitig geringstem Zuwachs an Individuen auf dem Bahngelände liegt in der Einbeziehung eines vorher vernachlässigten, kleinen offensandigen Gleiszwischenbereiches.

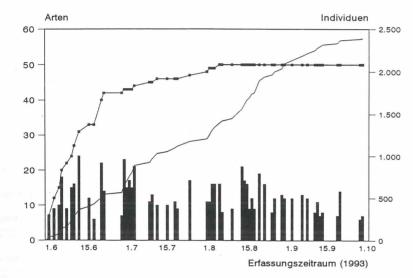


Abb. 7: Entwicklung der Arten- (——) und Individuenzahlen (——) 1993 über alle Flächen summiert. Zusätzlich sind für die einzelnen Tage die jeweils festgestellten Artenzahlen als Säulen angegeben.

4.3. Geest- und Stadtflächen im Vergleich

Mit 40 Arten konnten fast drei Viertel (74,1 %) der insgesamt erfaßten bodenbewohnenden Grabwespen auf den zwei Ruderalflächen im Stadtgebiet festgestellt werden. Vier Arten ließen sich nur auf den urbanen Flächen nachweisen. Dies sind die als Kulturfolger bekannten Crossocerus elongatulus, C. distinguendus, die Kuckuckswespe Nysson trimaculatus und eine ihrer Wirtsarten Lestiphorus bicinctus, welche oft in Gärten und Parkanlagen gefunden wird (HAESELER 1972, SCHMIDT 1980, DATHE 1969). Andere Arten waren im Siedlungsbereich deutlich häufiger als auf der Geest. Hierzu gehören Mimumesa atratina, Lindenius pygmaeus und Mimesa bruxellensis. Von letzterer gab es bis vor wenigen Jahren nur einzelne Nachweise, inzwischen liegen aus dem nordwestdeutschen Flachland mehrere Fundmeldungen vor (Abb. 8). Zu den synanthropen Arten muß, zumindest für Oldenburg, wo es weitere unveröffentlichte Funde gibt, auch der sonst seltene Argogorytes fargei gezählt werden.

Die Brache weist, obwohl sie einige Geestflächen an Größe und Blütenangebot übertrifft, mit 24 Bodenbewohnern die geringste Artenzahl auf. Hier ließen sich mehrere, auf

allen anderen Flächen präsente Sandarten nicht nachweisen, z.B. Tachysphex pompiliformis und Ammophila sabulosa. Auf dem Bahngelände wurde mit 36 Grabwespenarten die zweithöchste Artenzahl festgestellt. Hier ließen sich mehrere Sandcharakterarten nachweisen, die auch auf der Geest nicht zu den verbreiteten und häufigen Grabwespen gehören. Diese Arten besaßen hier zum großen Teil bodenständige Populationen, wie das Auftreten von artspezifischen Kuckuckswespen selbst bei seltenen Wirten nahelegt. So flog Nysson dimidiatus zusammen mit seinem Wirt Harpactus tumidus an einem stark bemoosten, sandigen Trockenrasenbereich. Dryudella pinguis wurde wie ihre cleptoparasitische Goldwespe Hedychridium cupreum in einer jungen Silbergrasflur zwischen zwei Gleisen gefangen (vgl. HERRMANN & FINCH 1998).

Mit 14 Arten waren 28 % der auf der Geest nachgewiesenen Grabwespenarten nur auf den naturnahen Trockenrasen vertreten. Bei diesen handelt es sich überwiegend um psammophile Arten, die im urbanen Bereich kaum geeignete Lebensbedingungen vorfinden. Eine Ausnahme ist *Crossocerus quadrimaculatus*, der auf allen Geestflächen in hohen Individuenzahlen, nicht aber im Stadtgebiet gefunden wurde, obwohl für die Art mehrfach synanthropes Auftreten festgestellt wurde (HAESELER 1972, SCHMIDT 1980, SKIBINSKA 1982).

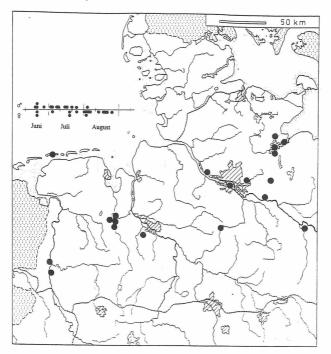
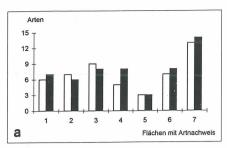


Abb. 8: Fundorte von Mimesa bruxellensis in Nordwestdeutschland (nach Haeseler 1977a, 1984, Haack et al. 1984, VAN DER SMISSEN 1998, VAN DER SMISSEN & ECKLOFF 1992, Haeseler und von der Heide unveröffentlicht und eigene Daten). Alle Nachweise nach 1950.

4.4. Präsenz und Häufigkeit

Bei Betrachtung der Präsenz der Arten auf den Standorten zeigt sich, daß ein Viertel aller Arten auf jeder Fläche und 41 % (22 Arten) auf sechs bzw. sieben Flächen gefunden wurden (Abb. 9a). Die Anzahl an Arten, die auf ein bis vier Flächen gefunden wurden ist annähernd gleich. Mit sieben Arten ließen sich 13 % aller Grabwespenarten nur auf einer einzigen Fläche nachweisen. Das zweite Erfassungsjahr hatte zu keiner größeren Veränderung in der Artenpräsenz geführt. Werden die beiden ruderalen städtischen Flächen, die das Bild durch die Präsenz synanthroper Arten verzerren, herausgenommen, so ändert sich das Verteilungsmuster. Es ergibt sich eine dreigipflige Verteilung aus seltenen, mäßig und weit verbreiteten Arten (Abb. 9b). Die Anzahl der nur für einen Standort belegten Grabwespen beträgt elf Arten, nach acht Arten im ersten Jahr. Über drei Viertel dieser Arten wurde auf der größten Fläche festgestellt. Der Anteil der auf allen Geestflächen nachgewiesenen Grabwespen liegt mit 23 Arten bei 46 %. Diese wurden mit Ausnahme von Lestica subterranea und Crossocerus quadrimaculatus alle auch im Siedlungsbereich festgestellt.

'99 DROSERA



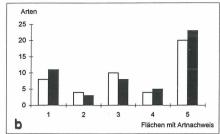
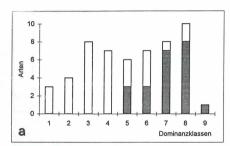


Abb. 9: Anzahl der Arten, die a) auf 1 bis 7 untersuchten Flächen und die b) auf 1 bis 5 Geestflächen nachgewiesen wurden (□ = Werte für das erste Untersuchungsjahr, ■ = Werte für beide Untersuchungsjahre).

Die Häufigkeiten der Arten sind für die einzelnen Flächen wie für die gesamte Erfassung unausgeglichen verteilt. Es gibt eine leicht zweigipflige Verteilung mit Häufungen bei den mäßig seltenen und den sehr zahlreichen Arten. In den höchsten Häufigkeitsklassen befinden sich aber nicht nur die verbreiteten, auf 6 oder 7 Flächen festgestellten Arten (Abb. 10a), sondern auch einige Arten, die auf weniger Flächen nachgewiesen wurden. Zu diesen Ausnahmen zählen z.B. Crossocerus quadrimaculatus und die in der Stadt häufige Adventivart C. elongatulus. Werden nur die Geestflächen betrachtet, stellten die 23 hier überall vertretenen Arten nicht zugleich auch die häufigsten Arten; und nicht alle Grabwespenarten, die lokal oder auf vielen Flächen individuenreiche Populationen aufwiesen, waren auch auf jeder Fläche nachweisbar (Abb. 10b). In den Artenspektren der einzelnen Flächen herrschten subdominante und rezedente Arten vor. Dominante Grabwespen gab es nicht. Mit 266 Exemplaren wies die insgesamt häufigste Art (Crossocerus wesmaeli) nur 8,0 % aller Individuen auf. Die 23 auf allen Geestflächen nachgewiesenen Arten stellten zusammen 77 % der dort erfaßten Tiere.



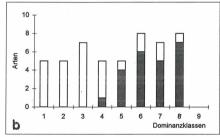


Abb. 10: Arten-Individuen-Relation der Grabwespen in Dominanzklassen logarithmisch zur Basis 2 ($D_1 = 1$, $D_2 = 2 - 3$, $D_3 = 4 - 7$, Individuen): a) alle Standorte; auf 6 oder 7 Flächen nachgewiesene Arten sind dunkel hervorgehoben; b) Geeststandorte; die hier auf allen Flächen nachgewiesenen Arten sind dunkel hervorgehoben.

4.5. Ähnlichkeit der Artengemeinschaften

Bei den vier Teilflächen vom Standort Hohensand zeigte sich deutlich der Einfluß etwas unterschiedlicher Habitatausprägungen (Tab. 5). Auf den einzelnen Teilflächen wurden nur 55,5 bis 75,0 % der für Hohensand insgesamt nachgewiesenen Grabwespenarten gefunden. Mit zehn Arten wurde weniger als ein Drittel hiervon in allen vier Bereichen festgestellt, während neun Arten nur in einem einzigen Teilbereich nachgewiesen wurden. Die meisten Arten (27) wurden auf der mit 180 m² kleinsten, aber abwechslungsreich gegliederten Teilfläche A gefunden. Auf der 25 mal größeren, gleichförmig gestalteten Teilfläche C hingegen ließen sich nur 22 Arten nachweisen. Die Verteilung der Geschlechter ist auf drei Flächen ausgeglichen und weicht bei Teilfläche A hochsignifikant von einer Gleichverteilung ab ($\chi^2 = 6,73$, p < 0,01).

Bei den Artnachweisen könnten auch Gäste von anderen Teilflächen erfaßt worden sein. Werden die Abundanzen der Arten betrachtet, zeigt sich, daß selbst Arten, die auf

Tab. 5: Nachweise der endogäisch nistenden Grabwespen auf den vier Hohensand-Teilflächen (vgl. Abb. 3). Fett hervorgehoben sind die Arten, die nur auf einzelnen Teilflächen und dort individuenreich festgestellt wurden.

Hohensand-Teilfläche Flächengröße in m² Arten		A 80 27	2	B 250 22		C 4500 22		D 500 20	
	φ	♂	\$	♂	φ	♂	φ	♂	
Ammophila sabulosa		3	4	11	4	2	4	9	37
Cerceris arenaria		1						4	5
Cerceris quincefasciata	6		1		8	1			16
Cerceris ruficornis	4								4
Cerceris rybyensis		1	3	3	1				8
Crabro cribrarius	5	5			2		1	7	15
Crabro peltarius	15	7	1	7		1		1	32
Crabro scutellatus	3		5						8
Crossocerus exiguus	1		5	4	1	1	4		16
Crossocerus palmipes	7	10	14	5		3	1	1	41
Crossocerus quadrimaculatus	9			10	3	10	1	1	34
Crossocerus tarsatus	1		7				1		9
Crossocerus varus			1						1
Crossocerus wesmaeli	15	13	6	6	2	1	3	1	47
Diodontus minutus	1		2	4	5	11	8	3	34
Diodontus tristis			_		18	28	_		46
Dolichurus corniculus		1					1	Ī	2
Dryudella stigma			1		11	23	1		36
Harpactus lunatus			1		1		1		3
Harpactus tumidus	3			·	1				4
Lestica subterranea	Ţ.					1		·	1
Lindenius albilabris	26	4	9	2					41
Lindenius panzeri		•	3	1				-	4
Mellinus arvensis	12	25	7	9	4	9	2		68
Mimesa bicolor	5	3			·			·	8
Mimesa equestris	13	6	_		2	1			22
Mimesa lutaria		3			3	-	•	1	7
Mimumesa unicolor	1							·	1
Miscophus ater	•	•	4	3	2	3	•	•	12
Nysson dimidiatus	2	•			_	,	•	•	2
Oxybelus bipunctatus	_	•	2	7	•	•	•	•	9
Oxybelus mandibularis	1	1	-	1	•	•	1	•	4
Oxybelus uniglumis		•	•	•	1	1	1	•	3
Philanthus triangulum	1	•	•	•	'	"	i	1	3
Podalonia affinis	3	•	5	3	7	1	5	2	26
Tachysphex pompiliformis	3	:	2	11	6	5	1	2	30
	137	.83	83	87	82	102	37	28	639
	13/	.83	83_	8/	82	102	3/	28	639

einzelnen Flächen sehr zahlreich vorkamen, auf anderen Teilflächen nicht oder nur in Einzelexemplaren festgestellt werden konnten. Ihr Auftreten dort weicht höchstsignifikant von einer Gleichverteilung ab (*Diodontus tristis* $\chi^2=30,7$, *Dryudella stigma* $\chi^2=22,7$, *Lindenius albilabris* $\chi^2=20,0$, *Mimesa equestris* $\chi^2=12,7$; alle p < 0,001). Die Zahl der Irrgäste kann daher als gering angesehen werden.

Unterschiede zwischen Flächen können durch den Vergleich der Ähnlichkeiten der ermittelten Artengemeinschaften dargestellt werden. Bei alleiniger Berücksichtigung der Artpräsenz anhand des Sörensen-Quotienten (SQ) oder des Jaccard-Index (C_J) liegen die Werte bei geringer Streuung alle in einer vergleichbaren Größenordnung (Tab. 6, Abb. 11). Auch bei Anwendung des Wainstein-Index (Kw), bei dem die Dominanzanteile der Arten eingerechnet werden, hebt sich weder eine Teilfläche deutlich von den anderen ab, noch ist ein Trend in Abhängigkeit von der Flächengröße oder der Lage zueinander zu erkennen.

Die Grabwespenfaunen der Hohensand-Teilflächen wiesen zueinander hochsignifikant geringere Ähnlichkeiten auf (SQ-Werte 65,3 bis 72,3) als die Artenspektren der größeren und weiter auseinander liegenden Geestflächen mit SQ-Werten von 73,0 - 89,9 (U-Test, p = 0,0011; vgl. Abb. 11).

Die geringste Ähnlichkeit der nicht urbanen Flächen bestand zwischen der größten und der kleinsten Fläche und wird rechnerisch schon durch den hohen Unterschied bei den

Tab. 6: Ähnlichkeiten der Teilflächen (A - D) in Hohensand (vgl. Abb. 3). S1, S2 = Artenzahl auf Fläche 1 bzw. 2, G = Zahl der gemeinsam vorkommenden Arten, C_J = Ähnlichkeits-Koeffizient nach Jaccard, SQ = Sörensen-Quotient, Re = Rekonsche Zahl, Kw = Wainstein-Index.

Flächen	S1	S2	G	CJ	SQ	Re	Kw
A - B	27	22	16	48,5	65,3	47,9	23,2
A - C	27	22	16	48,5	65,3	27,8	13,5
A - D	27	20	17	56,7	72,3	29,4	16,7
B - C	22	22	15	51,7	68,2	39,9	20,6
B - D	22	20	14	50,0	66,7	45,5	22,8
C - D	22	20	15	55,6	71,4	36,8	20,5

Artenzahlen bedingt. Den nächst niedrigen Wert hatten die beiden am weitesten auseinander liegenden Flächen (SQ-Wert: 76,0). Die größten Ähnlichkeiten mit SQ-Werten von jeweils über 84 bestanden innerhalb der drei anderen Flächen. Diese waren sich in Größe und Gestaltung nicht ähnlicher als gegenüber den anderen Standorten, wiesen aber innerhalb der Geestflächen die geringsten Distanzen (2,2 bis 4,5 km) zueinander auf. Die Unterschiede bei den fünf naturnahen Flächen beruhten weitgehend in dem Auftreten der nur von einem oder von wenigen Standorten nachgewiesenen Arten. Nur ausnahmsweise fehlten weit verbreitete oder häufige Grabwespen unter den gemeinsamen Arten. So konnte z.B. die im Gebiet kommune Knotenwespe Cerceris arenaria in Hengstlage nicht belegt werden.

Das Bahngelände lag mit SQ-Werten von 69,6 bis 78,1 im unteren Drittel der Werte der Geestflächen, aber in der gleichen Größenordnung wie diese untereinander. Wie zwischen den anderen Flächen bestand auch hier die geringste Gemeinsamkeit zu der nahe gelegenen Brache. Im Vergleich zu den anderen Paarungen wiesen die SQ-Werte der Brache mit 52,6 bis 66,7 deutlich niedrigere Ähnlichkeiten auf.

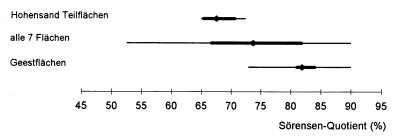


Abb. 11: Ähnlichkeiten der Artenspektren verschiedener Flächen nach dem Sörensen-Quotienten. Es sind jeweils die Extreme, Quartile und der Median angegeben.

Vergleicht man die SQ-Werte des ganzen Untersuchungszeitraumes mit den Ähnlichkeiten, die sich bei alleiniger Berücksichtigung des ersten Erfassungsjahres ergeben, zeigen sich leichte Verschiebungen. Insgesamt stiegen die Werte bei hoher Streuung um durchschnittlich 0,49 %. Wird die Brache herausgenommen, erhöht sich die Ähnlichkeit der Flächen im Mittel um 2,15 %. Für das Militärgelände gab es bei einer insgesamt ausgeglichenen Bilanz (- 0,61 %) sowohl starke Abnahmen (- 7,36 %) als auch deutliche Zunahmen (+ 6,35 %). Die starke Zunahme ergab sich gegenüber der entferntesten Fläche in Hengstlage. In dieser Untersuchung ließ sich insgesamt keine deutliche Steigerung der Ähnlichkeiten durch eine höhere Datengrundlage nachweisen. In der Summe führten die Verschiebungen in der Ähnlichkeitsmatrix aber zu einem stärker differenzierten und realistischeren Gesamtbild.

4.6. Verinselung

Bei den untersuchten Flächen zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Faunenähnlichkeit der Standorte (SQ-Werte) und den dazu gehörigen Flächenabständen (Abb. 12). Je näher die Flächen beieinander liegen, desto größer ist die Ähnlichkeit der Artengemeinschaften. Diese sollte spätestens bei unmittelbar benachbarten Flächen einen SQ-Wert von 100 erreichen. Mit zunehmender Distanz nimmt die Ähnlichkeit ab, wobei die Kurve zu Anfang recht steil ist und im weiteren abflacht. Während

DROSERA '99

das Bahngelände mit den Geestflächen zusammengefaßt werden kann, muß die Brache aus der gemeinsamen Betrachtung herausgenommen werden. Aufgrund der erwähnten Abweichungen liegen sämtliche Werte der Brache weit unter der Streuung der anderen Werte (Abb. 12). Untereinander sind die Werte der Brache signifikant korreliert; nur die Lage der Kurve ist deutlich tiefer. Bei den anderen Flächen ist der Zusammenhang zwischen Entfernung und Arteninventar hochsignifikant.

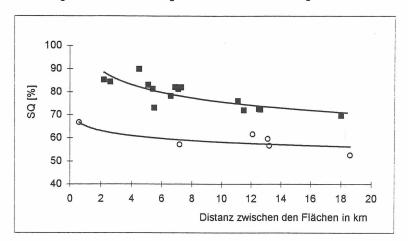


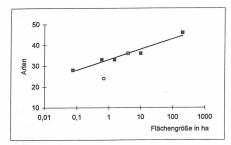
Abb. 12: Faunenähnlichkeiten (SQ = Sörensen-Quotient) der Flächen gegen die Entfernungen zwischen ihnen. (\bigcirc) = Werte der Paarungen mit der Brache (r = 0,813, p < 0,05), (\blacksquare) = Flächenpaarungen ohne Brache (r = 0,806, p < 0,01).

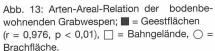
4.7. Flächengröße

Wie groß der Flächenbedarf einer Grabwespenpopulation ist, läßt sich am ehesten für die Flugsandarten erkennen (u.a. *Tachysphex nitidus, Dryudella stigma*), da für sie der Inselcharakter der Trockenstandorte deutlich ausgeprägt ist. Auf der mit 200 ha größten Fläche waren alle nachgewiesenen Grabwespenarten, deren Vorkommen für spärlich bewachsene, sandige Lebensräume charakteristisch ist, vertreten. Einige Arten konnten ausschließlich hier festgestellt werden. Auf den anderen Flächen wurden diese Arten, mit Ausnahme von *D. stigma* auf der zweitgrößten Fläche (10 ha), nur in geringer Individuenzahl oder gar nicht nachgewiesen. Auf der größten Fläche wurden bereits 92 % der insgesamt auf der Geest nachgewiesenen Arten festgestellt. Auch die kleinen Standorte beherbergten eine reiche Grabwespenfauna. Auf der mit 750 m² kleinsten Fläche ließen sich mit 28 Arten, auf der 180 m² großen Hohensand-Teilfläche mit 27 Arten 54 % bzw. 56 % der festgestellten Geestarten nachweisen.

Mit steigender Flächengröße nahm die Anzahl der Grabwespenarten auf den Trokkenstandorten gering, aber stetig zu (Abb. 13). Die Artenzahlen auf den Geestflächen weisen einen hochsignifikanten Zusammenhang mit der log-Größe der Standorte auf (p < 0,01; ohne das Bahngelände). Die Steigung der Kurve beträgt 2,2 ln (x) + 33,06; dies entspricht einer Zunahme um genau fünf Arten bei einer Verzehnfachung der Flächengröße. Der Wert für das Bahngelände liegt exakt auf der Regressionsgeraden der Werte von den Geestflächen, während der Wert für die Brachfläche deutlich von den anderen Flächen abweicht.

Mit abnehmender Flächengröße änderte sich auch die Zusammensetzung der Artengemeinschaft. Bei den fünf Geeststandorten stellten die überall nachgewiesenen Arten auf den größeren Flächen etwas mehr als die Hälfte der Artenspektren (Abb. 14). Auf den kleineren Flächen hingegen dominierten die weit verbreiteten Arten. Der Anteil der auf allen Flächen nachgewiesenen Arten nahm mit sinkender Flächengröße signifikant zu ($r_s = 0.975$, p < 0.02). Die nur von wenigen Standorten nachgewiesenen Arten waren überwiegend auf den großen Flächen zu finden. Die beiden Flächen aus dem Siedlungsgebiet blieben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt, da die ausschließlich hier vorkommenden synanthropen Arten zu den nur auf wenigen Flächen nachgewiesenen Grabwespenarten zu zählen sind und so das Bild verzerren würden.





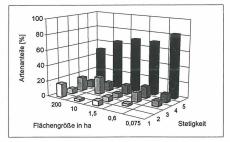


Abb. 14: Relative Anteile der Grabwespenarten auf den fünf Geestflächen in Stetigkeitsgruppen; von 1 = nur auf einer Fläche bis 5 = auf allen Fläche nachgewiesen.

5. Diskussion

5.1. Erfassungsgrad

Mit 54 Arten wurde über die Hälfte der 101 aus Nordwestdeutschland bekannten endogäisch nistenden Grabwespenarten nachgewiesen. Einige Grabwespenarten sind nur von der Küste oder nur aus dem kontinental getönten Ostniedersachsen bekannt und daher nicht im Untersuchungsgebiet zu erwarten (SCHMIDT 1979, HAESELER 1984, 1985a, BRÖRING et al. 1993, THEUNERT 1994, VAN DER SMISSEN 1998). Andere Arten, die noch Anfang dieses Jahrhunderts im benachbarten Bremer Raum gefunden wurden, dürften in der Region ausgestorben sein (vgl. RIEMANN 1983).

Die Übersehensrate beträgt nach den zwei angewendeten Berechnungsverfahren 2 bis 6 Arten, d.h. es wurden mindestens 90 % des Gesamtarteninventars nachgewiesen. Diese Zahl bezieht sich nur auf die Erfassungsintensität im vorliegenden Zeitraum und darf nicht mit der Gesamtzahl der im Gebiet vorkommenden Arten gleichgesetzt werden. Bei einigen Arten, die der Übersehensrate zugrunde liegen, kann angenommen werden, daß witterungsbedingte Populationsschwankungen die Individuendichten unter die Nachweisgrenze gesenkt haben. Sehr starke Bestandesschwankungen können sogar bereits innerhalb von zwei Jahren erfolgen. So wurde während dieser Untersuchung eine Art im ersten Jahr auf allen, im zweiten Jahr auf keiner Fläche festgestellt; bei einer weiteren Art sanken die Nachweise von 140 auf sieben Tiere.

Die Auswertung der Literatur für die Region im Umkreis von 50 km zeigt, daß 16 weitere bodenbewohnende Grabwespenarten in den letzten 25 Jahren im Gebiet festgestellt wurden (RIEMANN 1983, 1985, 1987a+b, 1988, 1995, 1997, VON DER HEIDE & WITT 1990, VON DER HEIDE 1991, HAESELER & RITZAU 1998, HAESELER 1978, 1982, 1984 und mdl. sowie eigene Beobachtungen):

Alysson spinosus (Panzer 1801), Argorytes mystaceus (LINNEAUS 1761), Astata boops (SCHRANK 1781), Crossocerus dimidiatus (FABRICIUS 1781), Crossocerus ovalis LEPELETIER & BRULLÉ 1834, Entomognatus brevis (Van der Linden 1829), Gorytes quadrifasciatus (FABRICIUS 1804), Lestica alata (PANZER 1797), Mimumesa littoralis Bondroit 1934, Mimumesa spooneri (Richards 1948), Miscophus concolor Dahlbom 1844. Miscophus spurius (DAHLBOM 1832), Nysson maculosus (GMELIN 1790), Nysson spinosus (Forster 1771), Oxybelus quatuordecimnotatus Jurine 1807 sowie Tachysphex helveticus Kohl 1885.

Die regionale Präsenz weiterer Arten ist nicht überraschend, weist doch ein großer Bezugsraum per se immer mehr Arten auf als konkrete Teilgebiete aus diesem Areal (u.a. CALEY & SCHLUTER 1997). Die Frage, warum bestimmte Arten nicht festgestellt

DROSERA '99

werden konnten, kann aufschlußreich sein. Da von den wenigen vorhandenen Sandtrockenrasen die größten und attraktivsten ausgewählt wurden, sollten alle im Gebiet vorhandenen psammophilen Grabwespenarten hier vorkommen können. Von den in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesenen Grabwespenarten können, bezogen auf den bearbeiteten Lebensraumtyp, nur vier Arten als biotopfremd bezeichnet werden. Die meisten nicht nachgewiesenen Arten zählen zu den charakteristischen Bewohnern sandiger und spärlich bewachsener Trockenstandorte. Da das Augenmerk gerade auf dieser ökologischen Gruppe lag, erscheint es unwahrscheinlich, daß der fehlende Nachweis dieser Grabwespen in so vielen Fällen allein auf niedrige Populationsgrößen unterhalb der Nachweisgrenze zurückzuführen ist. Einige nicht nachgewiesene Arten können im Bezugsraum nur punktuell vertreten sein oder eine regionale Verbreitungsgrenze im Weserraum besitzen. Für andere charakteristische Sandbewohner ist ein lokales, eventuell nur zeitweiliges Aussterben, ob infolge von Lebensraumeinengung oder temporär widriger Umweltbedingungen, nicht auszuschließen.

Die Nachweisrate für die einzelnen Flächen ist mit 24 bis 46 % der nordwestdeutschen Grabwespenfauna als hoch einzustufen (vgl. von der Heide & Witt 1990). Die Übersehensrate beträgt nach der Jackknife-Abschätzung auf den meisten Flächen ein Fünftel. Demnach würde die Artenzahl auf der artenreichsten Fläche bei 57 liegen, also noch über der Anzahl der in dieser Untersuchung insgesamt festgestellten Grabwespenarten. Auf diesem Standort kam es bereits von 1993 auf 1994 zu einer vergleichsweise hohen Zunahme an Neunachweisen. Diese ist hier auf das wiederholte Auftreten von Kleinstrukturen zurückzuführen, wodurch räumlich begrenzt vorkommende Arten leicht übersehen werden können. Daß ein weiterer Zuwachs nicht auszuschließen ist, zeigen die Berechnungen der Artenzahl für das ganze Untersuchungsgebiet und die umfangreichen Beifänge aus einer parallel gelaufenen Untersuchung am selben Standort (FINCH 1997, HERRMANN & FINCH 1998). Hierbei wurden drei Grabwespenarten erfaßt, die in der vorliegenden Untersuchung nur auf anderen Standorten nachgewiesen wurden. Auch sonst häufige Arten können zu den auf einer Einzelfläche nicht erfaßten, aber wahrscheinlich vorhandenen Arten zählen. Die mit 232 Individuen zweithäufigste Grabwespenart ließ sich auf einer Fläche trotz gezielter Suche nicht nachweisen. Da fehlende Nistplätze, Beutetiere o.ä. für diese Erfassungslücke auszuschließen sind, dürfte die Populationsdichte dieser Art auf diesem Standort im Untersuchungszeitraum unterhalb der Erfassungsgrenze gelegen haben. Dies zeigt, daß starke Populationsschwankungen selbst bei kommunen Grabwespen kleinräumig auftreten können (s.a. DEN BOER 1970). Es ist daher anzunehmen, daß sich bei Fortführung der Untersuchung die Artenzahlen auf den einzelnen Flächen um die berechneten 20 % erhöhen würden (vgl. HAE-SELER 1990, HAESELER & RITZAU 1998).

5.2. Geest- und Stadtflächen im Vergleich

Auf den beiden urbanen Flächen wurden 74 % des festgestellten Gesamtarteninventars nachgewiesen. Offensichtlich finden viele Arten auch im Siedlungsgebiet - zumindest auf Sonderstandorten - geeignete Lebensmöglichkeiten. Auf dem Bahngelände wurden mehrere charakteristische Sandbewohner festgestellt, die sonst nur ausnahmsweise im bebauten Siedlungsgebiet zu erwarten sind. Das Bahngelände ist jedoch kein typischer urbaner Ruderalstandort, sondern durch seine Größe, Beschaffenheit und Strukturreichtum eine Ausnahmeerscheinung, auf dem sich die im Stadtgebiet vorkommenden Grabwespen konzentrieren.

Die sandige Brache hebt sich in der Artenzusammensetzung deutlich von allen anderen Untersuchungsflächen ab. Zu dem auch auf dem Bahngelände ersichtlichen Auftreten synanthroper Grabwespen kommt nicht nur die Abwesenheit der stenotopen, sondern auch das Fehlen mehrerer eurytoper Sandarten. Da diese Arten die Brachfläche von dem 600 m entfernten Bahngelände aus besiedeln könnten, bietet die Brache für die meisten psammophilen Arten offensichtlich keine geeigneten Lebensbedingungen. Siedlungsbereiche und dort auch "normale" Baubrachen sind somit nur begrenzt als Lebensraum für bodenbewohnende und besonders für psammophile Stechimmen geeignet (vgl. Herrmann & Finch 1998). Sonderstandorte wie Bahnbrachen oder Botanische Gärten können hiervon Ausnahmen darstellen (Skibinska 1982).

5.3. Präsenz der Arten '99 DROSERA

23 Grabwespenarten sind auf allen Geestflächen vertreten und stellen dort 50 bis 82 % der jeweiligen Artenspektren. Demnach kommen auf einem durchschnittlichen Sandtrockenrasenrest ganz überwiegend die häufigen und weit verbreiteten Arten vor. Diese Grabwespen sind nur zum geringen Teil Generalisten und überwiegend eurytope Sandcharakterarten des nordwestdeutschen Flachlandes. Zu dem Grundarteninventar der lückigen Sandtrockenrasen müssen einige weitere Arten gezählt werden, die im Untersuchungszeitraum nicht für alle Flächen nachgewiesen werden konnten (z.B. Cerceris arenaria). Entsprechend kann nur ein kleiner Teil der jeweiligen Artenspektren für eine standörtliche Differenzierung herangezogen werden, wobei diese Arten dann besonders aussagekräftig sein können.

Entgegen den Erwartungen hat die Anzahl der nur von einer einzigen Geestfläche belegten Arten von 8 im ersten Untersuchungsjahr auf 11 Arten im zweiten Jahr zugenommen. Offensichtlich ist für den Nachweis von lokal und dort meist auch nur in geringer Individuenzahl auftretenden Grabwespen ein hoher Erfassungsaufwand notwendig. Da davon ausgegangen werden kann, daß nach dem zweiten Erfassungsjahr eine bessere Abbildung des Auftretens der (seltenen) Arten vorliegt, kann gefolgert werden, daß mehrere Arten tatsächlich nur ganz lokal auf einer oder wenigen Flächen vorkommen.

5.4. Isolation und standörtliche Variation

Nach dem lokalen Erlöschen einer Population erfolgt die Wiederbesiedlung meist von benachbarten Vorkommen aus, wobei die zu überbrückende Distanz für den notwendigen Zeitraum ausschlaggebend ist (Burkey 1989, den Boer 1990, Dempster 1991, Thomas et al. 1992, Thomas 1994). Auch die Größe der Ausgangspopulationen ist für eine erfolgreiche Besiedlung entscheidend, da von individuenschwachen Vorkommen nur entsprechend wenig Tiere emigrieren (Jetschke & Fröbe 1994, Herrmann 1995).

Die Besiedlung neuer Lebensräume erfolgt bei den einzelnen Grabwespenarten in unterschiedlichen Zeitspannen (Evans 1974). Bei Arten mit hohen Ansprüchen an ihren Lebensraum wies Haeseler (1988) eine langsamere Kolonialisierung nach als bei eurytopen Arten. Welche Distanzen für die gut fliegenden Grabwespen im Regelfall Migrationsbarrieren darstellen, ist nur unzureichend bekannt. Flüge über das offene Meer zu Feuerschiffen und Inseln können über Entfernungen von mehreren Kilometern erfolgen (HAESELER 1974, 1988). Von einzelnen Arten sind Ausbreitungen von über 100 km innerhalb weniger Jahre bekannt (Kurczewski 1998). Solche Migrationen treten aber nur unter sehr günstigen Umweltbedingungen auf, die die Populationen stark anwachsen lassen und zu Ausbreitungsschüben führen können (u.a. HAESELER 1977b, SCHMIDEGGER 1996a).

Die untersuchten Trockenstandorte sind weiträumig in die Kulturlandschaft eingebettet und für Flugsandarten archipelartig angeordnet, so daß von diesen oft die volle Entfernung bis zur nächsten Habitatinsel überbrückt werden muß. Andere psammophile Arten können auch verfestigte Sande als Nistplatz nutzen und finden somit an Wegrändern u.ä. Ausweichmöglichkeiten. Obwohl die Artenspektren von regional eurytopen Sandarten dominiert werden, zeigten sich bei den Grabwespen Verinselungserscheinungen. Nicht alle stenotopen Sandarten waren auch auf allen geeignet erscheinenden Flächen nachweisbar. Da von einem ehemals wesentlich stärker zusammenhängenden, gleichartigen Lebensraum ausgegangen werden kann, muß es zu einem ungleichmäßigen Aussterben einzelner Arten bzw. zur Absenkung der Populationsdichten unter die Nachweisgrenze gekommen sein. Mit zunehmender Entfernung zwischen zwei Flächen nimmt der Anteil an gemeinsamen Arten signifikant ab, ungeachtet der Unterschiede in der Größe der einzelnen Standorte. Wenn die Entfernung zu den Ausgangsgebieten potentieller Besiedler mit der Zusammensetzung der Artengemeinschaften korreliert (vgl. MADER 1981), müssen Distanzen von mehreren Kilometern für einen Teil der Arten für einen regelmäßigen Austausch zwischen den zumeist individuenschwachen Vorkommen im kritischen Bereich liegen (s.a. HAESELER 1985b. 1988), Die Flächen, die weniger als 4,5 Kilometer auseinander liegen, weisen sehr hohe Ähnlichkeitswerte von über 84 % auf. Da anzunehmen ist, daß ein Teil des Fehlbetrages auf Erfassungslücken beruht, stellen Entfernungen bis zu dieser Distanz für die GrabwesDROSERA '99

pen offensichtlich keine großen Barrieren dar. Somit kann es sich hier auch bei den stenotopen Arten um Teile von Metapopulationen handeln (GILPIN 1987, MERRIAM 1988). Neben der Erreichbarkeit eines Standortes ist auch dessen Beschaffenheit für ein abundantes und langfristiges Auftreten der einzelnen Arten ausschlaggebend. Beim Standort Hohensand sollten alle hier festgestellten Arten auch auf allen Teilbereichen vorkommen können. Dennoch haben die ermittelten Artengemeinschaften nur geringe Ähnlichkeiten (SQ-Werte 65 bis 72), die demnach auf die standörtlichen Unterschiede zurückzuführen sind. Die starke Begrenzung einiger Arten auf bestimmte Teilflächen verdeutlicht die enge kleinräumige Bindung bodenbewohnender Grabwespen an geeignete Nisthabitate. Die Ähnlichkeiten der größeren und weiter auseinander liegenden Geestflächen sind demgegenüber wesentlich höher (SQ-Werte 73 - 90). Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß die Flächen sehr strukturreich sind und die meisten der als Nistplatz geeigneten Strukturen aufweisen.

5.5. Bedeutung der Flächengröße

Zum Flächenbedarf von Grabwespenpopulationen ist nur wenig bekannt. Dollfuss (1988) ermittelte für zwei Gebiete in der Nähe von Wien, von denen umfangreiche, alte Aufsammlungen vorlagen, die aktuelle Grabwespenfauna und hat diese der alten gegenübergestellt. Obwohl sich die für die Grabwespen geeigneten Lebensräume in beiden Gebieten von nicht genannter Größe auf 1,15 km² bzw. 8 km² (!) verkleinert hatten, konnte er keine Abnahme der Artenzahlen feststellen. Auf beiden Flächen kam es jedoch zu einem Anteil nicht wieder nachgewiesener Grabwespenarten von gut einem Drittel. HAESELER (1988) stellte bei langjährigen Untersuchungen zur Aculeatenfauna der Insel Mellum fest, daß selbst individuenreiche Populationen in größeren Lebensräumen offensichtlich infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse erlöschen können.

Im Untersuchungsgebiet ist die Größe der Habitatinseln vor allem für die Bestandesstärke der Flugsandarten entscheidend. Hohe Abundanzen von Flugsandbewohnern wurden nur auf dem 2 km² großen Militärgelände festgestellt. Außerhalb dieser Fläche trat nur eine Flugsandart in höheren Abundanzen auf - D. stigma auf dem zweitgrößten Standort in Hohensand und dort auf der mit 0,45 ha größten Teilfläche. Da die Flugsandarten auf den anderen Flächen nicht oder nur in geringer Individuenzahl festgestellt wurden, waren sie - trotz der günstigen Witterung der Vorjahre (BEHRENDS 1994) nicht in der Lage, alle in Frage kommenden Flächen zu besiedeln bzw. dort größere Populationen aufzubauen. Bei den Einzelnachweisen von Flugsandbewohnern kann es sich sowohl um Kolonisten, kleine Teile einer Metapopulation als auch um 'living deads' handeln. Als solche bezeichnet man Angehörige einer Population, die die überlebensfähige Größe z.B. durch Habitateinengung unterschritten hat und in absehbarer Zeit wahrscheinlich aussterben wird (DIAMOND 1975, DIAMOND et al. 1987, HERRMANN 1995). Oft sind es dann seltene (Witterungs-)Extreme, die selbst stabil erscheinende Vorkommen auslöschen und so das Arteninventar isolierter Standorte langfristig bestimmen können (Soulé 1983).

Ob eine Flächengröße von 0,45 ha für verinselte Grabwespenpopulationen langfristig ausreicht, erscheint fraglich. Im vorliegenden Fall handelte es sich um einen Teil einer Metapopulation (s.o.), so daß das Minimalareal für eine weiträumig isolierte und dauerhaft überlebensfähige Population sicherlich wesentlich größer sein muß (vgl. Bender et al. 1998). Als Anhaltspunkt kann hier das 10 ha große Gesamtareal der Fläche Hohensand dienen.

Mit steigender Flächengröße nimmt die Extinktionswahrscheinlichkeit der einzelnen Arten ab und die Anzahl an Arten entsprechend zu (SOULÉ 1987, SIMBERLOFF 1988, HOVESTADT et al. 1991). In der vorliegenden Untersuchung steigt die Artenzahl auf den Geestflächen hochsignifikant mit der Ausdehnung der Standorte an. Da alle Flächen einen vergleichbaren Strukturreichtum aufweisen, ist der Anstieg primär auf die Flächengröße per se zurückzuführen. Der Zuwachs weist nur eine geringe Steigung auf, wie sie für terrestrische Habitatinseln typisch ist, die naturgemäß nicht vollständig isoliert sind (KREBS 1994). Eine unvollständige Isolation ist auf dem kleinsten Standort offensichtlich, da ein 750 m² großer Sandtrockenrasenrest schwerlich genug Nahrung bietet, damit sich Populationen von 28 Grabwespenarten halten können. Derart kleine Flächen können vorrangig nur als Nisthabitat genutzt werden und müssen mit anderen

'99 DROSERA

Vorkommen in Verbindung stehen. Zur Nahrungssuche und zum Beuteerwerb sind die Grabwespen darauf angewiesen, in die umgebenden Lebensräume einzufliegen. Das stark unterschiedliche Auftreten einzelner Arten auf den Hohensand-Teilflächen zeigt zudem, daß die Strukturvielfalt und -ausstattung auf kleineren Habitatinseln von entscheidender Bedeutung für die Artenzahlen und die Zusammensetzung der Artengemeinschaften sind.

Da auf kleinen Flächen dauerhaft nur Arten vorkommen können, die hier keine isolierten Vorkommen haben, ist dort trotz des Artenreichtums mit einem eingeschränkten Besiedlerspektrum zu rechnen. Bei genauerer Betrachtung zeigte sich, daß auf den kleineren Flächen ganz überwiegend die weit verbreiteten, regional eurytopen Sandbewohner und Generalisten vorkommen. Die nur auf wenigen Standorten nachgewiesenen Arten kommen vor allem auf den größeren Flächen und nur dort auch in höheren Abundanzen vor. Große Flächen bieten demnach nicht nur vielen, sondern vor allem auch den seltenen Grabwespen geeignete Lebensbedingungen (s.a. Wевв & Hopkins 1984). Dies ist bei einer Lebensraumfragmentierung auch zu erwarten, da stenotope Arten nach einem lokalen Aussterben - im Gegensatz zu eurytopen und damit auch weit verbreiteten Arten - aufgrund des durchschnittlich weiteren Migrationsweges längere Zeiträume brauchen, um verwaiste Lebensräume wieder zu besiedeln (JETSCHKE & FRÖBE 1994). Dies führt im Laufe der Zeit zur Dominanz von Generalisten und eurytopen Arten und damit zu einer Vereinheitlichung der Artenspektren (HERRMANN 1995), wobei die Gesamtartenzahl gleich bleiben oder durch Rand- und Nachbarschaftseffekte sogar noch zunehmen kann (u.a. MADER 1980, 1983, JONSON & FAHRIG 1997).

Da im Untersuchungsgebiet die größten und für psammophile Grabwespen attraktivsten Standorte für diese Arbeit ausgewählt wurden, ist anzunehmen, daß die im Gebiet vorkommenden Flugsandarten keine weitere Vorkommen besitzen. Die Seltenheit und die zumeist geringe Größe der vorhandenen Sandtrockenrasenreste bedingt einen generellen Rückgang anspruchsvoller Arten dieser Biozönose. Geht die Anzahl oder der Umfang der Flächen weiter zurück, so ist zu befürchten, daß sich einige Arten nur noch auf den wenigen größeren Flächen halten können (Burkey 1989). Kommt es in diesen Refugien zu einem lokalen Aussterben, können Arten in kurzer Zeit ganz aus dem Gebiet verschwinden. Dieser Fall ist wahrscheinlich schon für einige Arten eingetreten, da gleich mehrere Flugsandarten, die bei früheren Untersuchungen für die Region belegt wurden, bei der Bearbeitung ihres charakteristischen Lebensraumes nicht nachgewiesen werden konnten.

6. Zusammenfassung

Im nordwestdeutschen Flachland wurden die im Boden nistenden Grabwespen auf unterschiedlich großen (750 m² - 200 ha) und voneinander isolierten (0,6 - 11,1 km) sandigen Trockenstandorten erfaßt. In zwei Untersuchungsjahren konnten mit 54 Arten 53 % der aus Nordwestdeutschland bekannten, endogäisch nistenden Grabwespenarten nachgewiesen werden. Auf den einzelnen Flächen waren die Grabwespen mit 24 bis 46 Arten vertreten. Auf zwei Ruderalstandorten im Siedlungsbereich der Stadt Oldenburg konnten knapp drei Viertel der Arten naturnaher Sandtrockenrasen nachgewiesen werden. Bei den Sandtrockenrasen waren 23 Arten auf allen Flächen zu finden; diese stellen dort 50 bis 82 % der jeweiligen Artenspektren. Die Faunenähnlichkeit der Standorte ist dementsprechend sehr hoch, doch nimmt sie unabhängig von der Flächengröße mit zunehmender Entfernung zwischen den Flächen signifikant ab. Dies ist ein Hinweis auf eine Isolation der noch verbliebenen naturnahen Sandtrockenrasenstandorte im Untersuchungsgebiet. Mit sinkender Flächengröße nehmen die Artenzahlen gering, aber signifikant ab und das Auftreten der weit verbreiteten Grabwespenarten signifikant zu. Auf den kleinen Flächen waren fast nur eurytope Sandarten und ubiquitäre Grabwespen vertreten. Charakteristische Flugsandbewohner und andere seltene Arten wurden überwiegend auf den größeren Flächen und nur hier in höheren Abundanzen festgestellt.

7. Danksagung

Bei Prof. Dr. V. Haeseler und Herrn A. von der Heide (beide Oldenburg) möchte ich mich für die ständige Diskussionsbereitschaft, das Überprüfen von Bestimmungen und die Unterstützung bei dieser Arbeit bedanken. Der AG Terrestrische Ökologie der Univ. Oldenburg danke ich für Anregungen, Diskussionen und das gute Arbeitsklima. Hier seien besonders R. Kallenbach, O.-D. Finch und Dr. W. Schultz genannt. Die Arbeit wurde mit Mitteln des Landes Niedersachsen gefördert.

- ANTROPOV, A.V. (1992): On taxonomic rank of *Trypoxylon attenuatum* SMITH, 1851 (Hymenoptera, Sphecidae). Ent. rev. **71**: 48-61.
- Behrends, H. (1994): Klimaatlas Weser-Ems. BSH/NVN Nat. spec. Report: **15**, Wardenburg, 126 S. Bender, D.J., T.A. Contreras & L. Fahrig (1998): Habitat loss and the population decline: A meta-analysis of the patch size effect. Ecology **79**: 517-533.
- Berger-Landefeldt, H. & H. Sukopp (1965): Zur Synökologie der Sandtrockenrasen, insbesondere der Silbergrasflur. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 102: 41-98.
- Bröring, U., R. Dahmen, V. Haeseler, R. v. Lemm, R. Niedringhaus & W. Schultz (1993): Dokumentation der Daten zur Flora und Fauna terrestrischer Systeme im Niedersächsischen Wattenmeer. Ber. Ökosystemforschg Wattenmeer, Bd. 2, Hrsg. Ökosystemforschg Wattenmeer c/o UBA, Berlin, 207 S.
- Burkey, T.V. (1989): Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. Oikos **55**: 75-81.
- CALEY, M.J. & D. SCHLUTER (1997): The relationship between local and regional diversity. Ecology **78**: 70-80.
- Dathe, H. (1969): Zur Hymenopterenfauna im Tierpark Berlin I. Milu 2: 430-443.
- DEMPSTER, J.P. (1991): Fragmentation, isolation and mobility of insect populations. In: Collins, N.M. & J.A. Thomas (eds.): The conservation of insects in their habitats, Academic press, London: 143-153.
- DEN BOER, P.J. (1970): Stabilization of animal numbers and the heterogeneity of the environment: The problem of the persistence of sparse populations. Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Popul. (Oosterbeek 1970): 77-97.
- DEN BOER, P.J. (1990): The survival value of dispersal in terrestrial arthropods. Biol. Conserv. 54: 175-192.
- DIAMOND, J.M. (1975): The island dilemma: Lessons of modern biogeografic studies for the design of natural reserves. Biol. Conserv. 7: 129-146.
- DIAMOND, J.M., K.D. BISHOP & S. BALEN (1987): Bird survival in an isolated Javan woodland: Island or mirror? Conserv. Biol. 1: 132-142.
- Dollfuss, H. (1988): Faunistische Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Grabwespen (Hymenoptera, Sphecidae) als Umweltindikatoren durch Vergleich neuer und älterer Aufnahmen von ausgewählten Lokalfaunen im östlichen Österreich. Linzer biol. Beitr., 20: 3-36
- Dollfuss, H. (1991): Bestimmungsschlüssel der Grabwespen Nord- und Zentraleuropas. Stapfia **24**: 1-247.
- Evans, H.E. (1974): Digger wasps as colonizers of new habitat (Hymenoptera: Aculeata). N.Y. Ent. Soc. 82: 259-267.
- FINCH, O.-D. (1997): Die Spinnen (Araneae) der Trockenrasen eines nordwestdeutschen Binnendünenkomplexes. Drosera '97: 21-40.
- GILPIN, M. (1987): Spatial structure and population vulnerability. In: Soulé, M.E. (ed.), Viable populations for conservation, Cambridge University Press, 125-139.
- HAAK, A., T. TSCHARNTKE & S. VIDAL (1984): Zur Verbreitung und Ökologie der Grabwespen (Hymenoptera, Sphecidae) in Norddeutschland. Drosera '84: 121-140.
- HAESELER, V. (1972): Anthropogene Biotope (Kahlschlag, Kiesgrube, Stadtgärten) als Refugien für Insekten, untersucht am Beispiel der Hymenoptera Aculeata. Zool. Jb. Syst. **99**: 133-212.
- HAESELER, V. (1974): Aculeate Hymenopteren über Nord- und Ostsee nach Untersuchungen auf Feuerschiffen. Ent. scand. 5: 123-136.
- HAESELER, V. (1977a): Für die Bundesrepublik neue und seltene Hautflügler (Hymenoptera Aculeata). Drosera '77: 21-28.
- HAESELER, V. (1977b): Der Bienenwolf *Philanthus triangulum* FABRICIUS in Nordwestdeutschland (Hym., Sphecidae). Allg. dt. Imkerz. **1977**: 289-292.
- HAESELER, V. (1978): Zum Auftreten aculeater Hymenopteren in gestörten Hochmoorresten des Fintlandmoores bei Oldenburg. Drosera '78: 57-76.
- HAESELER, V. (1982): Ameisen, Wespen und Bienen als Bewohner gepflasterter Bürgersteige, Parkplätze und Straßen (Hymenoptera, Aculeata). Drosera '82: 17-32.
- HAESELER, V. (1984): *Mimumesa sibiricana* R. BOHART, eine für die Bundesrepublik Deutschland neue Grabwespe, und weitere für Norddeutschland seltene Hautflügler (Hymenoptera: Aculeata s.l.). Drosera '84: 103-116.
- HAESELER, V. (1985a): Nord- und Ostfriesische Inseln als Reservate thermophiler Insekten am Beispiel der Hymenoptera Aculeata. Mitt. dt. Ges. allg. angew. Ent. 4: 447-452.
- HAESELER, V. (1985b): Zum Kolonisationserfolg der Grabwespen (Hymenoptera, Sphecidae) auf den Ostfriesischen Inseln. Verh. GfÖ 13: 569-578.
- HAESELER, V. (1988): Kolonisationserfolg von Ameisen, Wespen und Bienen auf jungen Düneninseln der südlichen Nordsee (Hymenoptera: Aculeata). Drosera '88: 207-236.
- HAESELER, V. (1990): Wildbienen der ostfriesischen Insel Norderney (Hymenoptera: Apoidea). Faun.- Ökol. Mitt. 6: 125-146.

- HAESELER, V. & C. RITZAU (1998): Zur Aussagekraft wirbelloser Tiere in Umwelt- und Naturschutzgutachten - was wird tatsächlich erfaßt? - Z. Ökol. Naturschutz 7: 45-66.
- Hanski, Ī., Т. Раккаla, M. Kuussaarı & L. Guangchun (1995): Metapopulation persistence of an endangered butterfly in a fragmented landscape. Oikos: 72: 21-28.
- Heltshe, J.F. & N.E. Forrester (1983): Estimating species richness using the jackknife procedure. Biometrics 39: 1-11.
- HERRMANN, M. (1992): Die Heuschreckenfauna (Saltatoria) der Stadt Oldenburg (in Oldenburg) im Vergleich zum angrenzenden Umland. Drosera '92: 155-170.
- HERRMANN, M. (1994): Die Flora der Stadt Oldenburg (Oldb). Drosera '94: 95-110.
- HERRMANN, M. (1995): Die Heuschrecken-Gemeinschaften verinselter Trockenstandorte in Nordwestniedersachsen. Articulata 10: 119-139.
- HERRMANN, M. & O.-D. FINCH (1998): Stechimmen auf isolierten Trockenstandorten im Nordwestdeutschen Flachland (Hymenoptera, Aculeata). - Abh. Naturwiss. Ver. Bremen 44: 115-133.
- HETZEL, W. (1957): Wiesenbewässerung und Agrarlandschaft des oldenburgischen Huntetales. Veröff. nds. Amtes Landesplanung Statistik, Reihe A: Schriftenr. Wirtschaftswiss. Ges. z. Studium Niedersachsens N.F. Bd. **39**, 118 S., Bremen.
- HOPKINS, P.J. & N.R. Webb (1984): The composition of the beetle and spider faunas on fragmented heathlands. J. appl. Ecol. 21: 935-946.
- HOVESTADT, T., J. ROESER & M. MÜHLENBERG (1991): Flächenbedarf von Tierpopulationen. Ber. ökol. Forschung 1: 1-277.
- JACOBS, H.-J. & J. OEHLKE (1990): Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Hymenoptera: Sphecidae.

 1. Nachtrag. Beitr. Ent. Berlin **40**: 121-229.
- Jeckel, G. (1984): Syntaxonomische Gliederung, Verbreitung und Lebensbedingungen nordwestdeutscher Sandtrockenrasen (Sedo-Scleranthetea). - Phytocoenologia **12(19)**: 9-153.
- Jetschke, G. & H. Fröbe (1994): Ausbreitung und Überleben von kleinen Populationen in fragmentierten Habitaten. Z. Ökol. Naturschutz 3: 179-187.
- JONSON, I.D. & L. FAHRIG (1997): Response of generalist and specialist insect herbivor to landscape spatial structure. Landscape ecology 12: 185-197.
- KLAUSNITZER, B. & U. KLAUSNITZER (1993): Städtische Brachflächen potentielle Naturschutzgebiete für Insekten? Ein Literaturüberblick. Geobot. Kolloq. 9: 31-44.
- KREBS, C.J. (1994): Ecology. 4th. Ed., Harper & Collins College Publishers, New York, 801 S.
- Кивситем (1998): Dispersal and range expansion of an introduced sand wasp, *Oxybelus bipunctatus* (Hymenoptera: Sphecidae), in northeastern North America. Ent. News **109**: 1-6.
- LACHE, D.W. (1976): Umweltbedingungen von Binnendünen- und Heidegesellschaften im Nordwesten Mitteleuropas. Scripta Geobot. 11, 96 S., Göttingen.
- MADER, H.J. (1980): Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. Natur u. Landschaft 55: 91-96.
- MADER, H.J. (1981): Untersuchungen zum Einfluß der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstein oder Refugium. Natur u. Landschaft **56**: 235-242.
- MADER, H.J. (1983): Warum haben kleine Inselbiotope hohe Artenzahlen? Natur u. Landschaft 58: 367-370.
- MAGURRAN, A.E. (1988): Ecological diversity and its measurement. Princeton Univ. Press, New Jersey, 179 S.
- MERRIAM, G. (1988): Landscape dynamics in farmland. Trends Ecol. Evol. 3: 16-20.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie, 3. Aufl. Quelle & Meyer, 512 S.
- MÜHLENBERG, M. & W. WERRES (1983): Lebensraumverkleinerung und ihre Folgen für einzelne Tiergemeinschaften. Natur u. Landschaft **58**: 43-50.
- OEHLKE, J. (1970): Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Hymenoptera Sphecidae. Beitr. Ent. 20: 615-812.
- Рот, R. & J. Hüppe (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. Abh. Westf. Mus. Naturkde. **53**: 313 S.
- REMMERT, H. (1979): Grillen oder wie groß müssen Naturschutzgebiete sein? Nationalpark 22: 6-
- RIEMANN, H. (1983): Zum Vorkommen der Grabwespen (Hym., Sphecidae) in den Binnendünengebieten zwischen Bremen-Mahndorf und Daverden (Kr. Verden). Abh. Naturwiss. Ver. Bremen **40**: 71-96
- RIEMANN, H. (1985): Beitrag zur Chrysididen- und Aculeatenfauna des westlichen Norddeutschlands (Hymenoptera). - Drosera '85: 17-28.
- RIEMANN, H. (1987a): Bienen, Wespen und Ameisen (Hymenoptera Aculeata) als Besiedler von Böschungen an tiefliegenden Entwässerungsgräben. Abh. Naturwiss. Ver. Bremen **40**: 333-346.
- RIEMANN, H. (1987b): Die Bienen, Wespen und Ameisen (Hymenoptera Aculeata) der Naturschutzgebiete "Dünengebiet bei Neumühlen" und "Voßberge" unter Berücksichtigung weiterer Binnendünenareale. - Beih. Schriftenr. Natursch. Landschaftspfl. Niedersachs. 17: 1-79.
- RIEMANN, H. (1988): Beitrag zur Stechimmenfauna niedersächsischer Sandgruben (Hymenoptera, Aculeata). Braunschw. naturkdl. Schr. 3: 213-242.

- RIEMANN, H. (1995): Zur Stechimmenfauna des Bremer Bürgerparks (Hymenoptera, Aculeata). Abh. Naturwiss. Ver. Bremen **43**: 45-72.
- RIEMANN, H. (1997): Die Stechimmenfauna der Weserdeiche bei Achim (Hym.: Aculeata). Drosera '97: 45-64.
- SCHMID-EGGER, C. (1996a): Neue und bemerkenswerte südwestdeutsche Stechimmenfunde. Bembix 7: 18-21.
- SCHMID-EGGER, C. (1996b): Ergänzungen zur Taxonomie und Verbreitung mitteleuropäischer Arten der Gattung *Nysson* (Hymenoptera, Sphecidae). Bembix **7**: 25-36.
- SCHMIDT, K. (1979): Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Grabwespenfauna Ost-Holsteins (Hymenoptera, Sphecidae). Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. **49**: 51-60.
- SCHMIDT, K. (1980): Materialien zur Aufstellung einer Roten Liste der Sphecidae (Grabwespen)
 Baden-Württembergs. 2. Crabronini. Veröff. Naturschutz Landespfl. Bad.-Württ. **51/52**: 309-398.
- SCHMIDT, K. & C. SCHMID-EGGER (1997): Kritisches Verzeichnis der deutschen Grabwespen (Hymenoptera, Sphecidae). Mitt. ArbGem. ostwestf.-lipp. Ent. 13 (Beiheft 3): 1-35.
- SIMBERLOFF, D. (1988): The contribution of population and community biology to conservation science. Ann. Rev. Ecol. Syst. 19: 473-511.
- SKIBINSKA, E. (1982): Sphecidae (Hymenoptera) of Warsaw and Mazovia. Memorabilia Zool. 36: 103-127.
- Soulé, M.E. (1983): What do we really know about extinction? In: Schonewald-Cox, C.M., S.M. Chambers, B. McBryde & L. Thomas (eds): Genetics and conservation: A reference for managing wild animal and plant populations. Menlo Park. Calif., Benjamin/Cummings, 111-124.
- Soulé, M.E. (1987): Viable populations for conservation (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, 189 S.
- STRITT, W. (1969): Seltene Stechimmen und Goldwespen im Stadtgebiet von Karlsruhe (Hymenoptera). Beitr. Naturk. Forsch. Südw.-Dt. 28: 131.
- THEUNERT, R. (1994): Erstnachweise von Stechimmen für die niedersächsische Fauna (Insecta: Hymenoptera). Mitt. internat. ent. Ver. 19: 45-51.
- THOMAS, C.D. (1994): Local extinction, colonisations and distributions: Habitat tracking by British butterflies. In: LEATHER, S.R, A.D. WATT, N.J. MILLS & K.F.A. WALTERS (1994): Individuals, populations and patterns in ecology. Intercept Ltd, Andover/UK, 319-336.
- THOMAS C.D., J.A. THOMAS & M.S. WARREN (1992): Distribution of occupied and vacant butterfly habitats in fragmented landscapes. Oecologia 92: 563-567.
- TISCHLER, W. (1973): Ecology of arthropod fauna in man-made habitats: The problem of synanthropy. Zool. Anz. Leipzig **191**: 157-161.
- van der Smissen, J. (1998): Beitrag zur Stechimmenfauna des mittleren und südlichen Schleswig-Holstein und angrenzender Gebiete in Mecklenburg und Niedersachsen (Hymenoptera Aculeata: Apidae, Chrysididae, "Scolioidea", Vespidae, Pompilidae, Sphecidae). - Mitt. ArbGem. ostwestf.-lipp. Ent. 14 (Beiheft 4): 1-75.
- VAN DER SMISSEN, J. & W. ECKLOFF (1992): Die Wildbienen und Wespen des Immengartens. Hrsg. Naturhistorisches Museum der Hansestadt Lübeck, 48 S.
- VON DER HEIDE, A. (1991): Zum Auftreten von Stechimmen in stillgelegten Abtorfungsflächen eines Hochmoorrestes bei Oldenburg i. O. (Hymenoptera: Aculeata). Drosera '91: 57-84.
- von der Heide, A. & R. Witt (1990): Zur Stechimmenbesiedlung von Sandheiden und verwandten Biotopen am Beispiel des Pestruper Gräberfeldes in Nordwestniedersachsen (Hymenoptera: Aculeata). Drosera '90: 55-76.
- Webb, N.R. & P.J. Hopkins (1984): Invertebrate diversity on fragmented calluna heathland. J. appl. Ecol. **21**: 921-933.
- Webb, N.R. & J.A. Thomas (1994): Conserving insect habitats in heathland biotops: a question of scale. In: Edwards, P.J., R.M. May & N.R. Webb (eds.): Large scale ecology and conservation biology. Blackwell scientific publ., Oxford: 129-151.
- WINDSCHNURER, N. (1997): Bienen, Wespen und Ameisen in einem Hausgarten von Karlsruhe-Durlach (Hymenoptera, Aculeata); Ein Beitrag zur Stadtökologie. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **71/72**: 603-718.

Anschrift des Verfassers:

Mike Herrmann, Univ. Konstanz, AG Verhaltensbiologie, Fach M 657, D-78457 Konstanz, email: Mike.Herrmann@Uni-Konstanz.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Drosera

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 1999

Autor(en)/Author(s): Herrmann Mike

Artikel/Article: Einfluß von Flächengröße und Isolation auf die Präsenz von

<u>Grabwespen (Hymenoptera; Sphecidae) 1-22</u>