

NÖ Landesregierung
Abteilung Naturschutz



SANDLEBENSÄÄUME IN ÖSTERREICH

und ihre Bedeutung für Stechimmen

Heinz WIESBAUER & Karl MAZZUCCO

Wien, 1999

Projektleitung:

Maria Tiefenbach (Umweltbundesamt)

Autoren:

Karl Mazzucco, Biologe, Wien (Kapitel 2, 4.2, 5.3, 7.1.2, 7.2.2, 7.3.2)

Heinz Wiesbauer, Ingenieurkonsulent für Landschaftsplanung, Wien (restliche Kapitel und Fotos)

Übersetzung:

Brigitte Read

Satz/Layout:

GeBros/Entwurf Wolfgang Gerlich

Bezugsadresse:

Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien (Tel. 01-31 304-55 62)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)

Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: radinger.print, Scheibbs

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 1999

Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)

ISBN 3-85457-516-5

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Bedeutung von Sandlebensräumen für Stechimmen	7
2.1	Sand als Lebensraum für Tiere	7
2.2	Ansprüche von Stechimmen (aculeate Hymenopteren) an ihren Lebensraum	8
2.3	Gefährdung sandbewohnender Stechimmen	9
3	Sandlebensräume in unserer Kulturlandschaft	10
3.1	Geologische Einführung	10
3.2	Auswahl der Untersuchungsgebiete	12
4	Rezente fluviatile Sande	13
4.1	Charakteristik	13
4.2	Faunistische Bedeutung	14
4.3	Gefährdung	16
4.4	Erhaltungsziele	16
5	Äolische und äolisch beeinflusste Sande	17
5.1	Charakteristik der Standorte	19
5.2	Charakteristik der Sandablagerungen	19
5.3	Faunistische Bedeutung	20
5.3.1	Flugsande der Praterterrasse, der Gänserndorfer Terrasse und des Marchtales	20
5.3.2	Seedamm am Ostufer des Neusiedler Sees	26
5.4	Gefährdung	27
5.5	Erhaltungsziele	30
6	Weitere Sandvorkommen	32
6.1	Pleistozäne fluviatile Sande	32
6.2	Marine Sande	32
6.3	In-situ-verwitterte Kaolinsande	32
7	Nutzungsbezogene Fallbeispiele	33
7.1	Sandgruben	33
7.1.1	Charakteristik	33
7.1.2	Faunistische Bedeutung	33
7.1.3	Gefährdung	42
7.1.4	Erhaltungsziele	43
7.1.5	Beispiele für einen erfolgreichen Natur- und Geotopschutz	44
7.2	Flächenstillegungen im Bereich von Sandäckern	46
7.2.1	Charakteristik	47
7.2.2	Faunistische Bedeutung	48
7.2.3	Ziele für die Brachen	50
7.3	Militärisch genutzte Sandgebiete	52
7.3.1	Charakteristik	52
7.3.2	Faunistische Bedeutung	53
7.3.3	Gefährdung	55
7.3.4	Erhaltungsziele	55
8	Danksagung	55
9	Zusammenfassung	56
10	Summary	60
11	Glossar	64
12	Literatur	65

Vorwort

Sand ist in unserer Welt allgegenwärtig. Die frühesten Erfahrungen mit diesem Stoff liegen wohl in unserer Kindheit, als wir noch Hügel und Burgen in der Sandkiste formten. An der engen Bindung zu diesem Material änderte sich für viele Menschen nur wenig, bilden doch Quarzsande ein Ausgangsprodukt für die Computer-Technik. Die neuesten Pentium-Chips und die vielen Generationen davor sind nichts anderes als denkende Quarzkörner. Sand prägt aber auch in vielen anderen Formen unser Umfeld, sei es als Baustoff, als Rohstoff oder als Bodenteilchen.

Unser Interesse gilt aber nicht der Frage, wo wir Sand überall einsetzen, sondern was diesen Stoff als Lebensraum für Tiere auszeichnet. Dabei merken wir rasch, daß Sand unterschiedlichste Eigenschaften haben kann, die aus der jeweiligen Entstehung herrühren und jeden Sandstandort unverwechselbar machen.

So manches Sandkorn hat eine bewegte Geschichte, die uns die Geologie vermitteln kann. Wollen wir beispielsweise den Weg eines Sandkorns auf einer Sandbank am nahen Fluß nachzeichnen, so müssen wir das Rad der Zeit weit zurückdrehen. In der Vergangenheit bildete es zusammen mit vielen anderen Mineralien einen großen Fels, der durch Frost, Wind und Wasser allmählich zerkleinert wurde. Dabei gelangten größere Brocken in den Gebirgsbach, die dieser mit sich riß und zerrieb. Auf dem Weg vom kleinen Gebirgsbach zum großen Strom wurden die Ecken und Kanten immer wieder angegriffen und gerundet, so daß vom Fels unzählige Sandkörner übrigblieben. Unser Sandkorn wurde in einer Flußkrümmung abgelagert, wo es zusammen mit vielen anderen eine Sandbank bildet. Hier könnte der Weg bereits zu Ende sein, doch wir wollen annehmen, daß ein starker Wind das Sandkorn mit sich riß und bei einer nahegelegenen Sanddüne ablagerte, oder daß die Reise im Fluß weiterging und im Meer endete. Dort nagte der Wellenschlag an den Brandungsklippen und bildete einen Sandstrand aus.

Sandgruben ermöglichen einen Blick in die Vergangenheit



Wenn wir nun bedenken, daß die Sande schon vor langer Zeit abgelagert wurden, haben wir bei unserem Streifzug bereits die wichtigsten Typen von Sandablagerungen in Österreich behandelt, nämlich Fluß-, Flug- und Meeressande.

Was verbindet nun die unterschiedlichen Sande miteinander und was zeichnet einen Sandstandort aus? Die Erinnerungen an die Sandkiste helfen uns, diese Frage zu beantworten. Sandkörner sind zwischen 0,2 und 2 Millimeter groß und lassen sich leicht bewegen. Da Sand kaum Wasser speichert, trocknet die Sandoberfläche nach Regen rasch aus und kann bei Sonnenschein extrem hohe Temperaturen erreichen. Doch nur wenige Zentimeter tiefer herrschen ausgeglichene Verhältnisse, da Sand ein schlechter Wärmeleiter ist.

Diese gleichmäßigen Bedingungen nutzen viele Lebensraumspezialisten, indem sie hier ihre Nester anlegen. Um in den Sand vorzudringen, verfügen Hautflügler über unterschiedliche Techniken. Manche Bienenarten tauchen mit heftigen Schwimmbewegungen in tiefere Sandschichten ab, wo sie den Pollen als Proviant für ihre Nachkommen ablegen. Andere Arten graben mit großem Geschick röhrenförmige Gangsysteme in den Sandboden, an deren Ende sie Brutkammern anlegen. Besonders eindrucksvoll sind Kreiselwespen, die ihre Nachkommen während des Larvenstadiums stets mit frischer Nahrung versorgen müssen. Sie fangen dazu Fliegen, umklammern diese mit dem mittleren Beinpaar und graben sich zum Nest vor, indem sie den Sand mit den Vorderbeinen im hohen Bogen nach hinten schleudern.

Wer an einem heißen Sommertag vegetationsarme Sandflächen aufsucht, kann in diese faszinierende Welt eintauchen und die charakteristische Fauna beobachten. Tausende Bienen und Wespen schwirren über dem Sandboden, um sich hier zu paaren oder Nester anzulegen. Kuckucksbienen suchen nach verborgenen Bauten, in die sie unbe-

merkt ihre Eier schmuggeln und Dünensandlaufkäfer jagen nach Insekten.

Doch die Vielfalt dieser Sandlebensräume ist bedroht: Da Pionierstandorte in den wenigen Gebieten mit lückigen Sandrasen laufend durch Stabilisierungsmaßnahmen zerstört werden, finden sich viele charakteristische Sandarten auf den Roten Listen. Obwohl es bereits erste zaghafte Schutzmaßnahmen gibt, ist in unserer intensiv genutzten Kulturlandschaft noch keine Trendumkehr in Sicht.

Die folgende Publikation liefert einen Beitrag zur Ökologie dieser wertvollen Lebensräume und zeigt darüber hinaus Wege auf, wie Sandstandorte entwickelt werden sollten, um die charakteristische Fauna zu erhalten.

1 Einleitung

Natürliche oder naturnahe Sandlebensräume stellen in Österreich sowie im gesamten Raum der Europäischen Union, abseits der Meeresküsten, eine ausgesprochene Rarität dar. "Pannonische Sanddünen" genießen nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU als "prioritäre Lebensräume" einen besonderen Schutz. Österreich ist das einzige EU-Land, in dem dieser Lebensraumtyp vorkommt, und trägt damit eine besondere Verantwortung für den Erhalt dieser Lebensräume. Das Umweltbundesamt und die Naturschutzabteilung des Landes Niederösterreich wollen mit der vorliegenden Publikation, in der die Bedeutung von Sandlebensräumen dargestellt wird, einen Beitrag zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Maßnahmen zur Pflege und zum Schutz dieser Lebensräume leisten.

Offene oder spärlich bewachsene Sandstandorte bieten Lebensraum für zahlreiche hoch spezialisierte Tier- und Pflanzenarten. Da solche Lebensräume in unserer Kulturlandschaft äußerst selten geworden sind, werden viele Charakterarten des bewegten Sandes in den Roten Listen geführt.

Im Bereich vegetationsarmer Sandflächen herrschen extreme Verhältnisse, da die Sandoberfläche rasch austrocknet und starken Temperaturschwankungen unterliegt. Viele xerotherme Tiere nutzen Sandböden für die Eiablage und Brutpflege, da sie hier leicht graben können. Diese Arten sind zumeist ausgesprochene Lebensraumspezialisten, die bei zunehmender Vegetationsbedeckung von weniger anspruchsvollen Spezies verdrängt werden.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Bedeutung der offenen Sandlebensräume am Beispiel von Stechimmen (aculeate Hymenopteren) aufzuzeigen. Damit knüpft diese Arbeit an eine Untersuchung der Flugsand- und Dünengebiete Nieder-

österreichs (WIESBAUER & MAZZUCCO 1997) an und erweitert den Untersuchungsrahmen räumlich und inhaltlich. Zum einen gibt sie einen Einblick in die Bedeutung fluvialer und äolischer Sandgebiete, zum anderen thematisiert sie die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsformen bzw. -intensitäten anhand von Fallbeispielen. Behandelt werden dabei verschieden stark beeinflusste Sandlebensräume in Sandgruben, Sandbrachen und militärisch genutzten Bereichen.

Die Arbeit erhebt nicht den Anspruch, die Sandlebensräume Österreichs flächendeckend zu erfassen oder das komplette Arteninventar darzustellen. Beabsichtigt ist vielmehr, die Bedeutung und die Gefährdung unterschiedlicher Sandlebensräume anhand von Beispielen aufzuzeigen. Auf dieser Grundlage lassen sich Pflegemaßnahmen zur Erhaltung dieser ökologisch sensiblen Bereiche ableiten.

2 Bedeutung von Sandlebensräumen für Stechimmen

2.1 Sand als Lebensraum für Tiere

Die Bedeutung von Sandböden als Lebensraum für Tiere beruht im wesentlichen

1. auf den mechanischen Eigenschaften von Sand und
2. auf den mikroklimatischen Bedingungen auf und unter der Sandoberfläche.

Zu 1) Infolge des lockeren Korngefüges kann Sand unter geringerem Energieaufwand bewegt werden als andere Substrate. Da für die Nestanlage (Röhren, Bauten etc.) in Sandböden weniger Energie erforderlich ist als für die Errichtung gleich großer Bauten in festeren Substraten, bleibt den im Sand nistenden Arten mehr Energie für andere Zwecke (z. B. Reproduktion). Daher ist es nicht verwunderlich, daß der Anteil an sandgebundenen oder sandbevorzugenden Arten in jenen Tiergruppen besonders hoch ist, die Nester oder Bauten im Boden anlegen. Dies trifft ganz besonders auf einige Gruppen von Stechimmen (aculeate Hymenopteren) zu, welche Brutvor- oder -fürsorge betreiben. Diese Gruppen eignen sich daher besonders gut zur Darstellung der Bedeutung von Sandlebensräumen.

Effizientes Graben im Sand erfordert eine spezielle anatomische Ausstattung und ein an die Eigenheiten dieses Lebensraumes angepaßtes Verhalten (WIESBAUER & MAZZUCCO 1997). Die Techniken des Grabens müssen in gewissem Umfang auch auf die Sandqualität (Korngröße, Gehalt an Humus und anderen Bestandteilen) abgestimmt sein, so daß sich in den genannten Gruppen von Stechimmen eine Vielzahl von Spezialisten herausdifferenziert hat, in deren Genen umfangreiches evoluti-

onsbiologisch erworbenes "Wissen" über den Umgang mit diesen speziellen Substraten verpackt ist. Dieser auch für den Menschen wertvolle "Wissens-Schatz" ist größtenteils noch nicht erforscht worden.

Zu 2) Das Mikroklima an der Oberfläche offener Sandböden zeichnet sich durch extreme Temperaturschwankungen aus. Geringes Wasserspeichervermögen und hohes Porenvolumen solcher Böden verringern deren Wärmeleitfähigkeit, so daß sich die Oberfläche in Abhängigkeit vom Ausmaß der Einstrahlung rasch erwärmt bzw. abkühlt. Bei sonnigem Wetter können dort auch in Mitteleuropa bis zu 60 ° C erreicht werden, was die Letaltemperatur ektothermer tierischer Lebewesen im allgemeinen übersteigt. Nur Arten, die über kompensatorische Verhaltensweisen oder entsprechende physiologische Mechanismen verfügen, können solche Extremstandorte nutzen.

Unter der Oberfläche hingegen nehmen die Temperaturschwankungen mit zunehmender Tiefe rasch ab. In 10-15 cm Tiefe sind die Tag-Nacht-Schwankungen meist schon gering, so daß hier zumindest während Schönwetterperioden eine Zone entsteht, die als "Wiege" für die Larvalentwicklung xerothermer Insektenarten geradezu Brutschrankfunktion hat.

Von zusätzlichem Vorteil ist in diesem Zusammenhang, daß die Speicherkapazität von Sanden für Wasser gering ist. Niederschlagswasser versickert bzw. verdunstet umso rascher, je gröber der Sand, je geringer der Feinstkorn- und Humusanteil und je geringer die Pflanzenbedeckung ist.

Die mikroklimatischen Besonderheiten hinsichtlich der Temperatur werden durch zunehmende Pflanzenbedeckung, Wind und höhere Luftfeuchtigkeit gemildert. Deshalb kann das Vorhandensein offener Gewässer (Sandgruben, Sandbänke an Flüssen, Sandböden in Auen) oder von Windschutzgehölzen in der Umgebung von Sandflächen einen

stark modifizierenden Einfluß auf das Mikroklima ausüben.

Unterschiede in der Sandqualität, der Landschaftsausstattung und dem Klima bewirken, daß, ökologisch betrachtet, kaum ein Sandstandort dem anderen gleicht. Diese Unterschiede, die bis jetzt wenig beachtet wurden, werden im weiteren besonders herausgearbeitet.

2.2 Ansprüche von Stechimmen (aculeate Hymenopteren) an ihren Lebensraum

Einige Gruppen von Stechimmen, nämlich Wildbienen (Apoidea), Grabwespen (Sphecoidea) und Wegwespen (Pompiloidea) wurden von uns deshalb für das Aufzeigen der Bedeutung von Sandhabitaten und deren Differenzierung ausgewählt, weil sie jene Anforderungen am besten erfüllen, die man an Sandzeigerarten stellen muß:

- Eine hinlänglich große Anzahl von Arten legt im Boden Nester an, die verproviantiert werden und der Larvalentwicklung dienen.
- Die Artenzahl in der heimischen Fauna ist genügend groß.
- Die Stenözie ist vielfach groß genug, so daß physikalische und mikroklimatische Unterschiede zwischen den Sandböden zu Abweichungen in der Artenzusammensetzung der sandbewohnenden Stechimmen führen.

Hymenopteren sind Insekten, deren Geschlechtsbestimmung über die Ploidie des Eies erfolgt. Befruchtete (diploide) Eier ergeben Weibchen, unbefruchtete (daher haploide) Eier Männchen.

Hymenopteren-Männchen haben daher im allgemeinen einen einfachen Chromosomensatz. Dies sollte theoretisch zu verstärkter Selektion, geringem Genpolymorphismus und höherer Stenözie

während der Zeit der Aktivität der Imagines und während des Wachstums der Larven führen. Tatsächlich wurde bei Wildbienen und anderen Hymenopteren ein im Vergleich zu anderen Insektengruppen auffallend geringer Enzympolymorphismus festgestellt (z. B. PACKER & OWEN 1992). Viele Arten von Wildbienen oder solitären Wespen sind nur wenige Stunden am Tag aktiv und ruhen während der übrigen Zeit im Nest oder anderswo, was für einen hohen Anpassungsgrad an bestimmte Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen und damit für höhere Stenözie spricht.

Alle Arten, die nicht Brutparasitismus betreiben, benötigen, soweit sie terrikol (bodenbewohnend) sind, ein geeignetes Substrat zum Anlegen des Nestes. Sie brauchen ferner Nahrung für die eigene Energieversorgung und Futter als Larvenproviand.

Wildbienen (Apoidea) verproviantieren ihre Nester mit Pollen von Blütenpflanzen. Manche Arten sind dabei hoch spezialisiert und tragen nur Pollen weniger verwandter Pflanzenarten ein (oligolektische Arten), andere verfügen über ein breites Spektrum von Pollenlieferanten (polylektische Arten). Der Pollen kann bei manchen Arten auch mit Nektar vermischt sein. Als Nahrungsquelle für sich selbst nutzen Wildbienen Nektar, wobei das genutzte Pflanzenspektrum oft wesentlich größer ist als beim Pollensammeln. Für die Verbreitung von Wildbienen ist die Verfügbarkeit von verschiedenen oder bestimmten Blüten jedenfalls ein wesentlicher limitierender Faktor. Gerade in Sandlebensräumen, die zu manchen Jahreszeiten sehr blütenarm sein können, fällt dies besonders auf.

Die Grabetechnik der Wildbienen, bei der die Hinterbeine eine wichtige Rolle spielen, scheint insbesondere für gröbere Sande weniger geeignet zu sein als die vieler solitärer Wespen.

Von den rund 650 österreichischen Wildbienenarten können etwa 6,5 % als weitgehend sandgebun-

den betrachtet werden, weitere 2-3 % bevorzugen Sandsubstrate deutlich vor anderen Böden. Rund ein Viertel von den beiden letztgenannten Gruppen ist oligo- oder monolektisch (und zwar auf *Asparagus*, *Potentilla*, *Salix*, *Scabiosa ochroleuca*, *Centaurea*, *Jasione montana*, weißen *Compositen*, gelben *Brassicaceen*, *Fabaceen*), der Rest polylektisch.

Grabwespen (Sphecoidea) verwenden als Larvennahrung Insektenimagines oder -larven, welche sie lähmen und in das Nest eintragen. Jede Art hat ein eng begrenztes Beutespektrum (z. B. Blattwanzen, Raubwanzen, Heuschreckenlarven, bestimmte Fliegengruppen, Raupen von Schmetterlingen wie Geometriden oder Noctuiden, Schaben, Spinnen etc.). Als Nahrung für den Eigenbedarf kann Blütennektar dienen, häufig werden aber auch die Absonderungen von Pflanzenläusen genutzt, so daß an einem Blattlaus-befallenen Hollunderbusch in einer blütenarmen Gegend ein großer Teil der dort vorkommenden Arten gefunden werden kann.

Die Grabtechnik dieser Wespen basiert im Sand auf der synchronen Nutzung der Vorderbeine, die den Sand unter dem Körper durch nach hinten schleudern. Kleinere Variationen können von Art zu Art beobachtet werden. Die Vorderbeine aller sandbewohnenden Arten verfügen über eine spezielle anatomische Ausstattung, um als "Sandbeisen" fungieren zu können (siehe WIESBAUER & MAZZUCCO 1997).

Von den in Österreich vorkommenden etwa 280 Arten sind rund 14 % sandgebunden, eine weitere Gruppe von 3-4 % stellen mediterrane Arten dar, die nördlich ihres eigentlichen Verbreitungsgebietes die mikroklimatisch begünstigten Sandhabitate bevorzugen.

Für die Wegwespen (Pompiloidea) gilt im wesentlichen das bei den Grabwespen Gesagte. Als Larvalnahrung werden gelähmte Spinnen verwendet.

Der Anteil an charakteristischen Sandbewohnern ist deutlich geringer als bei den Grabwespen.

2.3 Gefährdung sandbewohnender Stechimmen

Während der Anteil von Sandarten in den besprochenen Gruppen insgesamt als nicht besonders hoch erscheinen mag, ist der Anteil der Sandbewohner in den ersten Kategorien der Roten Listen wirklich bemerkenswert. So sind z. B. in der österreichischen Roten Liste der Grabwespen (DOLLFUSS 1994) 80 % der in den Kategorien 0-2 (0: ausgestorben oder verschollen, 1: vom Aussterben bedroht, 2: stark gefährdet) genannten Arten als Sandbewohner einzustufen, in der Roten Liste der Grabwespen Baden-Württembergs (SCHMID-EGGER et al. 1996) sind 35 % der in 0-2 genannten Arten psammicol. Dies veranschaulicht deutlich, wie sehr Sandlebensräume und deren reichhaltige Fauna bedroht sind!

Eine langfristige Sicherung der charakteristischen Sandfauna ist nur über einen funktionierenden Biotopschutz möglich. Da ökologisch wertvolle Sandlebensräume einer hohen Dynamik unterliegen, sind infolge geänderter Standortbedingungen zumeist Pflegemaßnahmen notwendig.

Von den unterschiedlichen Sandlebensräumen sind derzeit lediglich die pannonischen Sanddünen durch die FFH-Richtlinie (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) der EU als "prioritäre Lebensräume" geschützt. Österreich hat sich beim Beitritt zur EU verpflichtet, diese Lebensräume zu erhalten. In Niederösterreich wird derzeit mit finanzieller Unterstützung der EU ("Life Natur Projekt") ein spezifisches Pflegeprogramm umgesetzt (vgl. Kap. 5.5).

3 Sandlebensräume in unserer Kulturlandschaft

Sande sind nicht verfestigte, mineralische Sedimente mit einer Korngröße zwischen 0,063 und 2 Millimeter. Der Transport durch Wasser oder Wind führt zu einer Sortierung der Sande, da die Teilchen in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Größe abgelagert werden.

Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Studie sind zwei Fragen von Relevanz:

- In welchen Gebieten bestehen größere Sandablagerungen? Und:
- Wo gibt es mehr oder weniger unbewachsene Sande?

Abb. 3.1: Gebiete mit Sandvorkommen in Österreich
(HEINRICH 1999)

Gebiete mit Sandvorkommen in Österreich, zusammengestellt von M. HEINRICH (1999) nach geologischen Karten und unpublizierten Unterlagen aus dem Archiv der Geologischen Bundesanstalt. Nicht dargestellt sind Lagen und Linsen von Sanden in Schotter- und Kieskörpern, Sande in rezenten Seen (z. B. Rheindelta im Bodensee) und Flußbetten sowie im Au- und Überflutungsbereich der Flüsse und Bäche.

Bevor wir uns den Fragen zuwenden, ist eine kurze Einführung in die Geologie des Landes notwendig.

3.1 Geologische Einführung

Die Landschaft Österreichs gliedert sich in groben Zügen in folgende geologische Großeinheiten:

- den Gebirgszug der Alpen, der das Land von Westen nach Osten durchzieht und aus Helvetikum, Flyschzone, Nördlichen Kalkalpen, Grauwackenzone, Zentralalpen (mit penninischen Fenster und ostalpinen Stockwerken) und den Südalpen aufgebaut wird,
- das hügelige Alpenvorland der Molassezone, welches im Norden das Gebirge begleitet und überwiegend aus Sedimenten der Tertiär- und Quartärzeit aufgebaut ist,

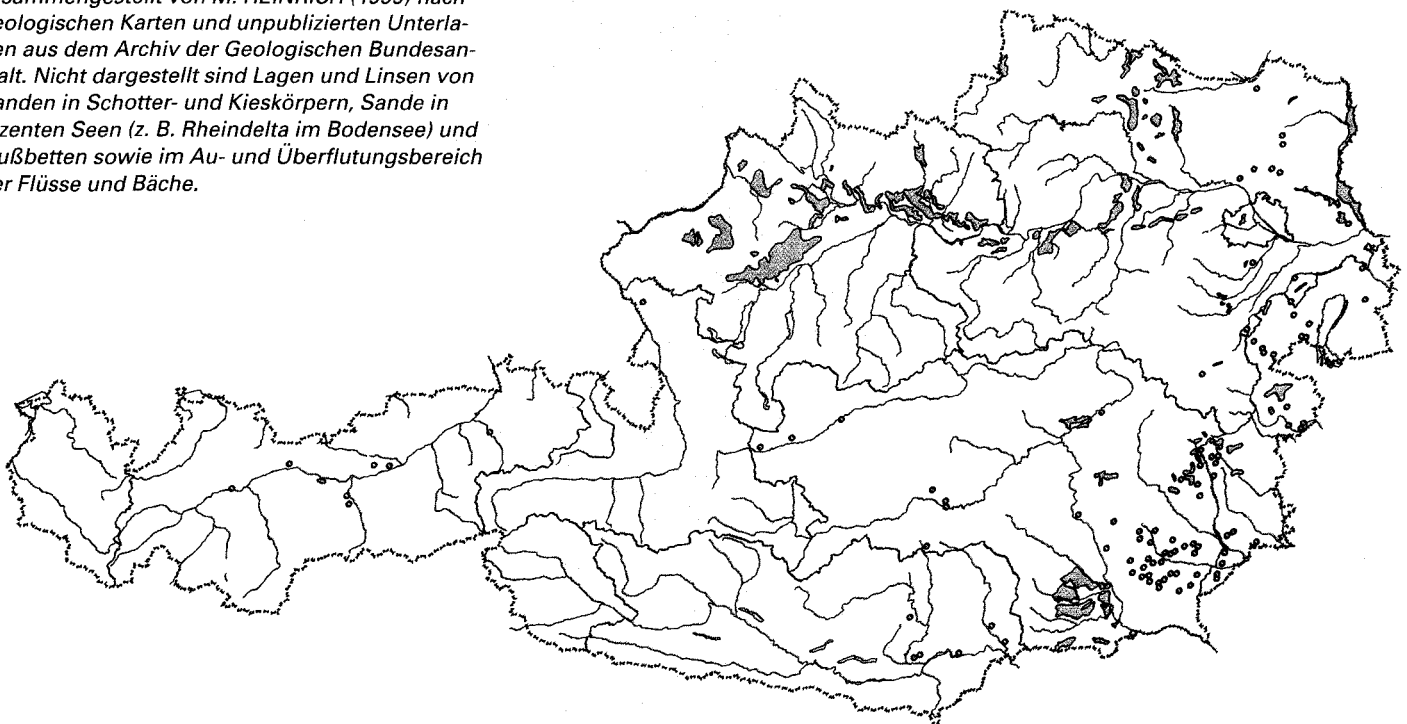
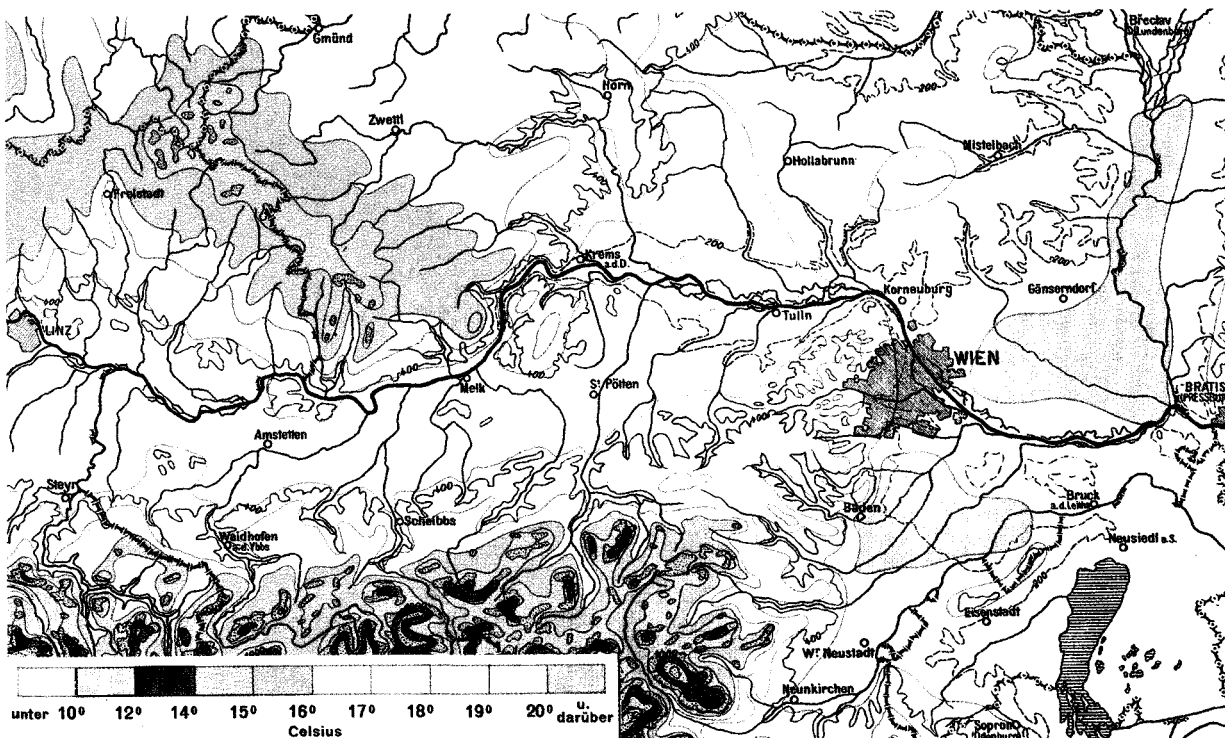


Abb. 3.2: Mittlere Temperatur während der Vegetationszeit im Juli auf Basis der Reihe 1881-1950 (STEINHAUSER 1954)



- die jungtertiären tektonischen Senkungsbecken am Alpenost- und -nordoststrand, wie das Wiener und das Steirische Becken sowie
- das alte Rumpfgebirge der Böhmisches Masse im Mühl- und Waldviertel.

Da Sand durch Verwitterung entsteht, finden sich in allen geologischen Einheiten mehr oder weniger große Sandablagerungen. Doch nur in wenigen Bereichen sind die Sedimente durch die Tätigkeit von Wind und Wasser so weit sortiert, daß es sich dabei vorwiegend um die Sandfraktion handelt. Meist sind die Sande mit grobkörnigen (Kies und Steine) und feinkörnigen (Schluff und Ton) Komponenten vermengt.

Größere Sandvorkommen gibt es vor allem in Gebieten mit quartären und tertiären Ablagerungen. Zu den jüngsten Sedimenten zählen holozäne Sandablagerungen im Bereich der Fließgewässer. Etwas älter sind die äolischen (vom Wind trans-

portierten) Sande im Osten Österreichs, wobei unterschiedliche Ausprägungen zu differenzieren sind. Postglaziale Flugsande finden sich im Bereich der Praterterrasse, dem Marchtal und am Ostufer des Neusiedler Sees. Pleistozäne Flugsande bedecken Teile der Gänserndorfer Terrasse und bilden stellenweise größere Dünenzüge. Die berühmteste Erhebung ist der Sandberg bei Oberweiden. Zu den quartären Sedimenten zählen auch die Sande im Bereich der Lainsitz bei Gmünd: Sie wurden im Raum zwischen Breitensee und Neu-Nagelberg vorwiegend fluviatil abgelagert. Im nördlich anschließenden Bereich von Rottal finden sich dagegen äolische Sande aus dem Pleistozän (STEININGER & ROETZEL 1996). Wesentlich älter sind die tertiären Sande, die heute wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung vielerorts abgebaut werden. Dazu zählen die Linzer und die Melker Sande (Oberoligozän-Untermiozän, Egerium), kaolinreiche Sande am Südrand der Böhmisches Masse (Oligozän), Sande im Horner Becken und in der Umgebung von Eggenburg und

	Korngrößenmaximum	Sortierung nach TRASK (1932)	pH
<i>Flugsande der Gänserndorfer Terrasse</i>			
Weikendorf/Sanddüne	Mittelsand	sehr gut sortiert	7,7
Weikendorf/Brache	Feinsand	mäßig sortiert	7,7
<i>Flugsande der Praterterrasse</i>			
Lasseesanddüne	Feinsand	mäßig sortiert	7,8
<i>Flugsande im Marchtal</i>			
Drösing/Sanddüne	Mittelsand	sehr gut sortiert	4,7
<i>Sande des Seedammes</i>			
Hölle-A/Seedamm	Mittelsand	mäßig sortiert	7,7
Hölle-B/Seedamm	Mittelsand	schlecht sortiert	7,7
Sandeck/Seedamm	Feinsand	gut sortiert	7,9
<i>Verschiedene Sandentnahmen</i>			
Breitensee/Sandgrube	Mittelsand	schlecht sortiert	4,5
Neu-Nagelberg/Sandgrube	Mittelsand	mäßig sortiert	4,5
Prambachkirchen-A/Sandgrube	Grobsand	gut sortiert	6,3
Prambachkirchen-B/Sandgrube	Grobsand	gut sortiert	6,3
Weinzierl/Sandgrube	Mittelsand	schlecht sortiert	4,8
Melk Wachberg-A/Sandgrube	Feinsand	gut sortiert	6,9
Melk Wachberg-B/Sandgrube	Feinsand	gut sortiert	7,1
Drösing/Sandgrube	Mittelsand	gut sortiert	4,7
Lasseesandgrube	Feinsand	gut sortiert	7,8

Tab. 3.1: Übersicht über die Charakteristik unterschiedlicher Sandproben (HOMAYOUN 1997, ROETZEL 1997, UMWELTBUNDES-AMT 1997)

Retz (Untermiozän, Eggenburgium), Sandablagerungen im Bereich der Hollabrunner und Mistelbacher Schotterformation (Unterpannonium) und verschieden alte Sandhorizonte (Badenium, Sarmatium und insbesondere Pannonium) im Steirischen Becken und in seinen Randbuchten im Burgenland (vgl. Abb. 3.1).

Wenn wir uns der zweiten Frage zuwenden, wo es vegetationsarme Sandflächen gibt, bleiben von den oben genannten Gebieten nur kleine Bereiche über. Offene Sandlebensräume finden sich heute kleinräumig entlang von Fließgewässern, an besonders windexponierten Stellen der Flugsandzone und in Bereichen, die von der Nutzung des Menschen geprägt sind.

3.2 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Bei der Auswahl der Untersuchungsgebiete wurde versucht, den unterschiedlichen klimatischen und geologischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen. In die Studie einbezogen wurden äolische Sande der Praterterrasse, der Gänserndorfer Terrasse, des Marchtales (Niederösterreich) und des Seedammes am Ostufer des Neusiedler Sees (Burgenland), fluviatile Sande der Donau und Piesting (Niederösterreich) sowie verschiedene Sandgru-

ben in Prambachkirchen, Weinzierl bei Schwertberg (Oberösterreich), Neu-Nagelberg, Breitensee, Melk, Mistelbach, Drösing und Lassees (Niederösterreich).

Betrachtet man die Klimadaten der untersuchten Teilräume, so zeigt sich ein deutlicher Temperatur- und Niederschlagsgradient (NW-SO). Im Mühl- und Waldviertel herrschen während des Sommerhalbjahres hohe Niederschläge und niedrige Temperaturen vor, für die pannonisch getönten Bereiche (Marchfeld, Seewinkelgebiet) sind in diesem Zeitraum geringe Niederschläge und hohe Temperaturen charakteristisch (vgl. Abb. 3.2).

Auch die Charakteristik der Sande unterscheidet sich in den unterschiedlichen Gebieten wesentlich. Für die Fauna sind insbesondere Korngröße, Sortierungsgrad, pH-Wert und Humusgehalt von Bedeutung. Einen Überblick über die Beschaffenheit der untersuchten Sande gibt Tabelle 3.1.

Da viele Hymenopteren hohe Ansprüche an den Lebensraum stellen, ist der Vergleich des Faunenspektrums unterschiedlicher Standorte hinsichtlich klimatischer Präferenz einer Art und deren Anpassung an bestimmte Sandqualitäten aufschlußreich.

4 Rezente fluviatile Sande

Die Bettbildung natürlicher Flüsse wird wesentlich von der Erosion, den Transportvorgängen und der Akkumulation von Geschiebe bestimmt. Je nach Talform und Gefälle bilden sich gestreckte, verzweigte oder mäandrierende Gerinne aus. In Gefälls- und Durchbruchstrecken kann sich das Flußbett nicht frei entwickeln und ist nach gewässermorphologischen Gesichtspunkten gestreckt. Sandablagerungen gibt es hier allenfalls kleinräumig.

In Bereichen mit mittlerem Gefälle und grobkörnigem Geschiebe bilden Fließgewässer ein verzweigtes Gerinne aus. Ausgedehnte Kiesbänke, die bei höheren Wasserführungen immer wieder umgebildet werden, prägen das Bild der Flußlandschaft. Sandablagerungen sind vor allem in höher gelegenen, strömungsärmeren Zonen zu finden.

Bei geringem Gefälle und feinkörnigen Sedimenten entwickeln sich mäandrierende Gerinneformen. Hier treten Sandlebensräume in recht unterschiedlicher Ausprägung auf. Den Schleppspannungsverhältnissen einer Flußkrümmung entsprechend bilden sich entlang der Gleitufer Sandbänke aus. Am Prallufer werden durch die Erosion vielfach Sandhorizonte mit ausgedehnten Steilwänden freigelegt. Durch das dynamische Wechselspiel von Erosion und Sedimentation entstehen gelegentlich auch natürliche Dämme: Werden bei höheren Wasserführungen feinkörnige Sedimente über die Ufer gespült, so lagern sich diese vorwiegend im Uferbereich ab, da hier besonders geringe Fließgeschwindigkeiten herrschen. Durch oftmalige Wiederholung dieses Vorganges werden diese Uferbereiche allmählich dammartig aufgehöhht (z. B. March im unteren Abschnitt).

Sedimentumlagerungen sind für die Entstehung von Pionierstandorten von Bedeutung. So werden

bei höheren Wasserführungen durch bettbildende Kräfte Kies- und Sandbänke erodiert, verlagert oder neu gebildet. Die Feststoffe geraten in Abhängigkeit von Gestalt und Größe bei Überschreiten einer bestimmten Fließgeschwindigkeit in Bewegung (vgl. Tab. 4.1).

	Korngröße (mm)	Fließgeschwindigkeit (mm/s)
Ton	< 0,002	-
Schluff	0,002-0,063	-
Feinsand	0,063-0,2	10
Mittelsand	0,2 - 0,63	17
Grobsand	0,63 - 2,0	25
Feinkies	2 - 6,3	50
Mittelkies	6,3 - 20	75
Grobkies	20 - 63	150

Tab. 4.1: Zusammenhang zwischen Korngröße und der notwendigen Fließgeschwindigkeit für den Transport (SCHÖNBORN 1992).

4.1 Charakteristik der Standorte

Je nach Lage zum Fluß werden fluviatile Ablagerungen periodisch bis episodisch überflutet. Dabei werden die Sandbänke umgebildet, so daß die dort aufkommende Vegetation erodiert oder vom Sediment begraben wird. Auf offenen Sandflächen entwickeln sich häufig Weiden (z. B. Purpur-Weide/*Salix purpurea*), die an die dynamischen Bedingungen besonders gut angepaßt sind. Im Frühjahr bereichern diese das Nahrungsangebot für Wildbienen wesentlich.

Fluviatile Sandstandorte unterscheiden sich deutlich von äolischen: Die Sandbänke im Gewässerumfeld weisen in der Regel weniger extreme Oberflächentemperaturen auf, da sie oft beschattet und vom Temperaturhaushalt des Flusses beeinflusst werden. Zudem ist die Luftfeuchtigkeit im Flußumland wesentlich höher. Die mikroklimatischen Verhältnisse sind hier also ausgeglichener als bei äolischen Sedimenten.

Die Charakteristik der Flußsande hängt wesentlich von der Geologie des Einzugsgebietes ab. Fließgewässer im Bereich der Böhmisches Masse weisen Sande mit einem hohen Silikatanteil auf, Gewäs-



ser aus den Kalkalpen haben vorwiegend karbonatische Sedimente. Aufgrund der geologischen Vielfalt Österreichs haben die meisten Bäche und Flüsse jedoch Mischeinzugsgebiete und führen silikatische und karbonatische Sedimente in unterschiedlichem Ausmaß mit sich.

Fluviatile Ablagerungen lassen häufig eine Schichtung mit Korngrößenwechsel erkennen, da sich Strömungsgeschwindigkeit und Sedimentationsrate von Hochwasser zu Hochwasser ändern. Auch innerhalb einer bestimmten Schichte ist die Sortierung zumeist weniger stark ausgeprägt als die äolischer oder mariner Ablagerungen.

Den Zielen dieser Studie entsprechend, haben wir nur jene Bereiche untersucht, welche für Hymenopteren von Bedeutung sind. Als Nistplatz kommen vor allem selten überflutete Sandbänke, Anrisse und Steilufer in Frage. Da sich die Beschaffenheit der Sedimente in den untersuchten

Bereichen der Donau-Fließstrecke kleinräumig ändert, werden die Flußsande hier nicht näher analysiert.

4.2 Fauna

Insektenarten, die Pionierstadien fluviatiler Sandablagerungen (Sandbänke) zur Anlage von Nestern nutzen können, müssen an Hochwässer angepaßt sein, d. h. die Larvalentwicklung sollte rasch ablaufen und zumindest das Puppenstadium müßte Überflutungen und Abschwemmungen standhalten. Es ist nicht bekannt, inwieweit unsere Auen-Wildbienen "wasserresistent" sind. Bis jetzt konnte nur für zwei bodennistende Bienenarten der Gattung *Megachile* (*Megachile addenda* in den USA und *Megachile leucomalla* in Osteuropa und Asien) Resistenz gegenüber Überschwemmungen der Neststandorte nachgewiesen werden (CANE et al. 1996, MARIKOVSKAJA 1968, TANÁCS 1979).

Von den sandbewohnenden Wildbienen der Auen haben wir zumindest die kleine *Andrena ventralis* bevorzugt auf Sandbänken nistend gefunden, die periodisch überschwemmt werden (etwa HQ1-HQ5). Diese Art zeigt von den Wildbienen die engste Bindung an den genannten Biotop.

Einige andere Arten, nämlich die mittelgroßen Sandbienen *Andrena nycthemera*, *Andrena mitis*, *Andrena apicata* und *Andrena praecox* sowie die Furchenbienen *Lasioglossum intermedium* und *Lasioglossum sexcinctum* scheinen eher die selten überschwemmten Sandböden zu bevorzugen. In Sommer-trocken-warmen Klimabereichen (Pannikum!) sind diese Arten weitgehend an Sandböden in Auen gebunden, im feuchteren atlantischen Klima ist diese Bindung an wassernahe Lebensräume nicht so streng (regionale Stenözie!).

Eine weitere Furchenbienen-Art, *Lasioglossum quadrinotatum*, ist offenbar bei ihrer Nistsubstratwahl auf bestimmte Feinsande angewiesen. Solche Sande kommen nicht häufig vor, am ehe-

sten noch im Verlauf größerer Flüsse. Deshalb wird auch diese Wildbienen-Art nur sehr selten gefunden (z. B. an bestimmten Stellen in den Donau-Auen unterhalb Wiens).

Alle genannten *Andrena*-Arten fliegen zeitig im Frühjahr (Ende Februar-Anfang Mai), in Anpassung an ihren Lebensraum sammeln sie ausschließlich auf Weiden. Die Furchenbienen hingegen, deren Flugzeit viel länger dauert, sind polylektisch, werden aber ebenfalls oft auf Weiden angetroffen, solange diese blühen.

Ein weiterer Weidenspezialist unter den Frühjahrsbienen, die große Seidenbiene *Colletes cunicularius*, ist in ihrem Nistsubstrat nicht auf Sand beschränkt, sondern kann auch in weichem Löß nisten, besiedelt aber trockenwarme Sandstandorte besonders gerne. Da sie weite Flüge zwischen Pollenquelle und Niststandort durchführen kann, ist sie derzeit in ihrem Bestand in Österreich nicht gefährdet.

Eine weitere Weiden-Art, die große *Andrena vaga*, nistet zwar ebenfalls gerne auf trockenen Ausanden, vermag jedoch wie *Colletes cunicularius* weitere Pollenflüge durchzuführen und kann daher auch Sandflächen kilometerweit von Weidenbeständen entfernt nutzen.

Die größten Arten der Weiden/Sand-Wildbienen-Gilde können also auch die weitesten Flüge zwischen Nahrungsquelle und Nistplatz durchführen, die mittelgroßen Arten bevorzugen trockene Sande im feuchten Auklima, die kleinste Art, *Andrena ventralis*, findet ihren Larvenproviant in unmittelbarer Umgebung ihrer Nistplätze auf Sandbänken.

Unter den solitären Wespen ist keine sandbewohnende Art bekannt, die bevorzugt Flußsande besiedelt.

Von anderen Insektengruppen sind es besonders bestimmte Laufkäfer (Carabidae) und Kurzflügler



Andrena ventralis ♂ auf Weide



Andrena ventralis ♀ bei Nistplatz



Colletes cunicularius

Abb. 5.2: Seedamm am Ostufer des Neusiedler Sees auf Basis der österreichischen Bodenkartierung

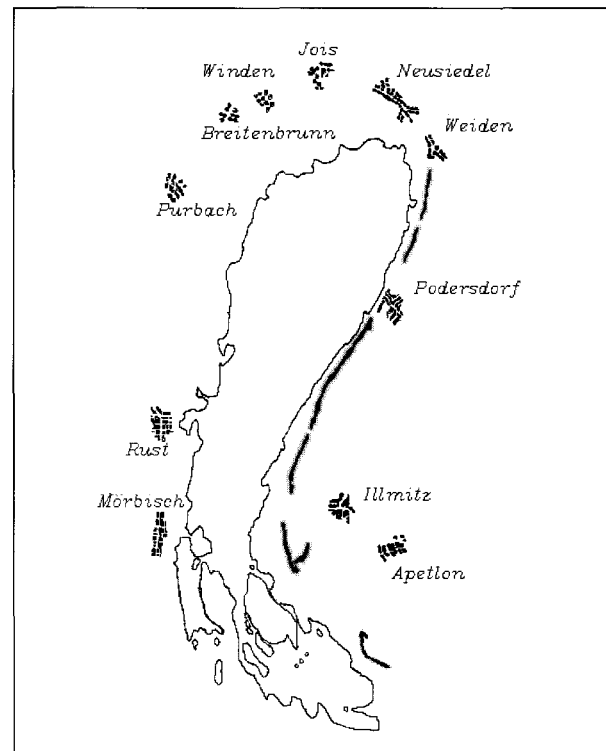
aus unterschiedlichen Auswehungsgebieten und haben sich gegenseitig nur wenig beeinflusst. Nach FRASL (1955) stimmt die Schwermineralzusammensetzung der jüngeren Flugsande im Bereich der Praterterrasse weitgehend mit den darunter liegenden fluviatilen Sanden überein. Somit ist auszuschließen, daß Einwehungen aus der angrenzenden Gänserndorfer Terrasse bei der Entstehung dieser Dünen eine wesentliche Rolle spielten. Ebenso sind bei den älteren Flugsanden der Gänserndorfer Terrasse keine Spuren erkennbar, die auf einen Austrag aus der Praterterrasse schließen lassen.

Burgenland

Am Ostufer des Neusiedler Sees, im Bereich zwischen Weiden und Illmitz, erstreckt sich der sogenannte Seedamm. Diese etwa 25 km langen, wallförmigen Ablagerungen werden vorwiegend von Sand, in einigen Bereichen auch von Sand und Kies aufgebaut.

Die Entstehungsgeschichte des Seedammes war in der Vergangenheit Anlaß für intensive Diskussionen unter Geologen. Nach TAUBER (1959) haben sich diese jungen Ablagerungen durch einen quartären Vorläufer des Neusiedler Sees während einer Periode mit extrem hohem Wasserstand ausgebildet. Das östlich dieser Nehrung liegende Gebiet verlandete durch die allmähliche Staub- und Sandeinwehung (BERNHÄUSER 1960). Die tiefsten Mulden sind heute als Lacken und Salzpfannen zu erkennen.

Die Ablagerungen des Seedammes sind teilweise sehr inhomogen aufgebaut (vgl. dazu auch HUSZ 1965). In den Bereichen Hölle und Sandeck bei Illmitz sind die Sande an der Oberfläche teilweise mäßig bzw. gut sortiert, in anderen Abschnitten wiederum sind größere Kiesanteile beigemischt. Der Umstand, daß neben Sand auch grobkörnige Sedimente vorkommen, verdeutlicht die komplexe Genese, an der Wind, Wellenschlag und Eisschurf



beteiligt waren. Für die große Bedeutung der äolischen Komponente an diesem Prozeß spricht der an manchen Stellen vergleichsweise hohe Sortierungsgrad der Ablagerungen.

Die Dammsande sind im gesamten Seewinkel in wechselnder Mächtigkeit anzutreffen, wo sie teilweise die Seewinkelsedimente bedecken. Die markanteste Erhebung ist der Seedamm, in dem der Sand eine Mächtigkeit von mehr als 2 Metern erreicht. Ähnliche, wenngleich viel kleinere Akkumulationen haben sich am Ost- bzw. Südufer zahlreicher Lacken ausgebildet (HUSZ 1965).

Auch wenn sich die Entstehungsgeschichte des Seedammes von jener der niederösterreichischen Flugsandgebiete unterscheiden mag, so zeigen die faunistischen Befunde, daß die jeweiligen Lebensraumbedingungen sehr ähnlich sind. Deshalb wird die Standortcharakteristik dieser Sandlebensräume im folgenden gemeinsam behandelt.

5.1 Charakteristik der Standorte

Die Ablagerungen der Flugsandzone und des Seedammes zählen zu den trockensten Standorten in unserer Kulturlandschaft. Dies liegt zum einen am pannonisch getönten Klima dieser Bereiche, zum anderen an der geringen Wasserkapazität des Sandes. Aufgrund des Einzelkorngefüges und des geringen Feinstkornanteils versickert das Niederschlagswasser rasch und wird nur zu einem geringen Teil in den Porenräumen des Bodens gespeichert. Die oberflächennahe Zone trocknet deshalb oft schon nach kurzen Hitzeperioden völlig aus. Tiefere Schichten sind davon aber nicht betroffen, da die Kapillarkontakte zu den trockenen, oberflächennahen Schichten rasch abreißen.

Ein Charakteristikum offener Sandstandorte ist der extreme Strahlungs- und Temperaturhaushalt. Das geringe Wasserspeichervermögen und das hohe Grobporenvolumen verringern die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und tragen dazu bei, daß sich die Sandoberfläche rasch erwärmt bzw. abkühlt. BERGER-LANDEFELDT & SUKOPP (1965) zeigen den Tagesgang der Bodentemperatur im Bereich eines lückig mit Silbergras bewachsenen Sandstandorts im Raum von Berlin. An einem sonnigen Sommertag erreichen die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht an der Boden-

oberfläche über 20°C. Sie nehmen jedoch mit der Tiefe rasch ab. In der 30-cm-Zone beträgt die Tag-Nacht-Differenz nur mehr 4°C. Die Adsorption der eingestrahlten Energie hängt wesentlich von der Korngröße und der Farbe der Sedimente ab. Die zumeist hellgrauen bis gelblichen Flugsande nehmen im Gegensatz zu dunkleren Ablagerungen nur einen kleinen Teil der Energie auf.

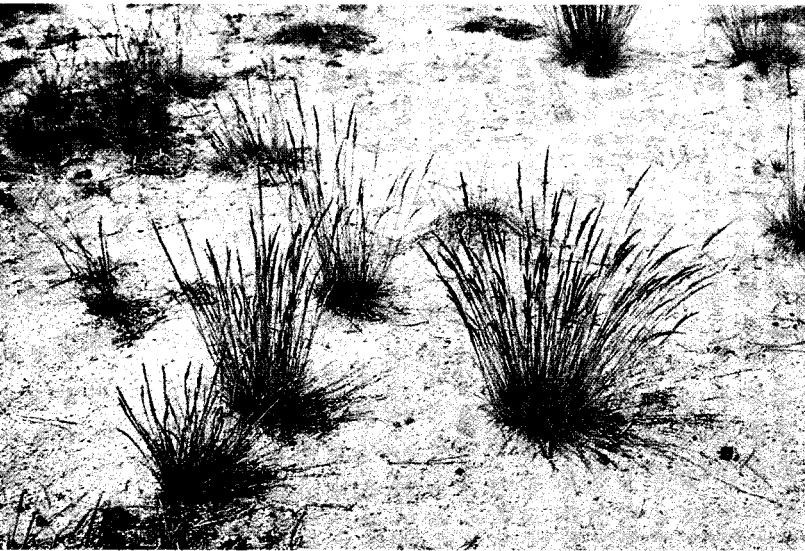
Durch die allmähliche Bodenbildung ändert sich die Beschaffenheit der Flugsande jedoch wesentlich: Im Gegensatz zu häufig umgelagerten Flugsanden, die in der oberen Bodenzon nur einen geringen Anteil an organischer Substanz aufweisen, entwickelt sich der Boden stabilerer Sande weitgehend ungestört. Indem sich Verwitterungsprodukte und organische Substanz anreichern, steigen Bodenfruchtbarkeit und Wasserspeichervermögen. Dieser Umstand führt dazu, daß die charakteristischen Pionierarten bewegter Sande ihren Lebensraum verlieren.

5.2 Charakteristik der Sandablagerungen

Die Sande der niederösterreichischen Flugsandgebiete und des burgenländischen Seedammes unterscheiden sich hinsichtlich Korngröße, Sortierung und pH-Wert (HOMAYOUN 1997, ROETZEL 1997, UMWELTBUNDESAMT 1997, vgl. Tab. 5.1).

	Kies in % > 2	Grobsand in % 2-0,63	Mittelsand in % 0,63-0,2	Feinsand in % 0,2-0,063	Schluff und Ton in % <0,063	Korngrößen- maximum	Sortierung nach Trask (1932)	pH
Weikendorf (Gänsersdorfer Terrasse)	0	0	50,1	48,1	1,8	Mittelsand	sehr gut sortiert	7,7
Drösing (Marchtal)	0	0,6	95,1	3,5	0,8	Mittelsand	sehr gut sortiert	4,7
Lasseo (Praterterrasse)	0	0,2	28,7	66,6	4,5	Feinsand	mäßig sortiert	7,8
Hölle-A (Seedamm)	0,2	2,1	51,7	42,3	3,7	Mittelsand	mäßig sortiert	7,7
Hölle-B (Seedamm)	11,9	19,6	50,2	16,4	1,9	Mittelsand	schlecht sortiert	7,7
Sandeck (Seedamm)	2,2	1,6	39,8	55,7	0,7	Feinsand	gut sortiert	7,9

Tab. 5.1: Korngröße und pH-Wert der Flugsande Niederösterreichs sowie der Sande des Seedammes (HOMAYOUN 1997, ROETZEL 1997, UMWELTBUNDESAMT 1997)



Flugsande der Praterterrasse, der Gänserndorfer Terrasse und des Marchtales

Die Flugsande im Bereich der Gänserndorfer Terrasse und des Marchtales haben ihr Korngrößenmaximum im Mittelsandbereich und sind sehr gut sortiert. Die Sedimente im Bereich der Praterterrasse sind feinsandig und nur mäßig sortiert. Während die aus der Donauebene ausgewehten Sande schwach alkalisch reagieren (Probe Lassee: pH 7,8, Probe Weikendorf: pH 7,7), sind die Sande aus der Marche Ebene weitgehend kalkfrei (Probe Drösing: pH 4,7). Dieser Umstand ist nicht weiter verwunderlich, spiegelt er doch die unterschiedlichen geologischen Verhältnisse der Einzugsgebiete dieser Flüsse wider.

Sande des Seedammes

Die Sedimente des Seedammes sind -wie oben dargestellt- teilweise sehr inhomogen aufgebaut. Die Sande bei Sandeck haben ihr Korngrößenmaximum im Feinsandbereich und sind gut sortiert. Weniger stark ausgeprägt ist die Sortierung der Sedimente im Bereich der Hölle, deren Korngrößenmaximum im Mittelsandbereich liegt. Daneben sind am Aufbau des Seedammes auch

sandig kiesige Sedimente beteiligt, die hier jedoch nicht weiter betrachtet werden. Die analysierten Sande im Bereich des Sandecks und der Hölle reagieren schwach alkalisch (pH 7,7).

5.3 Faunistische Bedeutung

5.3.1 Flugsande der Praterterrasse, der Gänserndorfer Terrasse und des Marchtales

Zwei Hauptfaktoren differenzieren die niederösterreichischen Dünengebiete in eine Reihe von unterschiedlichen Lebensräumen:

- die Korngröße (und Sortierung) des Sandes
- der Grad der Pflanzenbedeckung

Die Korngröße ist bei unbewachsenen Sandflächen für das Mikroklima hauptverantwortlich. Ein größeres Porenvolumen führt sowohl zu extremen Temperaturverhältnissen an der Oberfläche als auch zu größerer Trockenheit, da Wasser schneller versickert oder verdunstet. Ein größerer Anteil an Feinsand, Schluff und Ton bzw. ein höherer Humusgehalt verringern die beschriebenen physikalischen Auswirkungen.

Ebenso verringert zunehmende Pflanzenbedeckung die mikroklimatischen Extreme. Sandtrockenrasen werden deshalb von anderen Arten bewohnt als Flächen mit offenen Sanden. Viele Stechimmen benötigen offene Sande für die Anlage ihrer Nester und wandern ab, wenn solche Flächen nicht mehr vorhanden sind.

Über die unmittelbare Auswirkung des Boden-pH auf die terrikole Sandfauna ist wenig bekannt. Mittelbar beeinflusst er jedenfalls qualitativ den Pflanzenbewuchs, was indirekt starke Auswirkungen auf das Vorkommen von Wildbienen hat.

Es wurden vier Gebiete untersucht, die folgende Kombinationen der beiden Hauptfaktoren aufweisen (siehe auch Tab. 5.1):

- Drösing - "In den Sandbergen": Mittelsand mit vielen offenen Sandflächen
- Weikendorf - "Sandberge im Brunnfeld": Mittelsand mit hohem Feinsandanteil und offenen Sandflächen, dazu Sandtrockenrasen
- Oberweiden - Naturschutzgebiet "Sandberge Oberweiden": Mittelsand mit hohem Feinsandanteil, keine offenen Sandflächen (also fast reiner Sandtrockenrasen)
- Lassee - "Erdpreßhöhe": Feinsand mit offenen Sandflächen und Resten von Sandtrockenrasen

Drei dieser Gebiete, nämlich die Dünen in Drösing, Weikendorf und in Lassee waren noch vor kurzer Zeit faunistisch weitgehend unbekannt.

Drösing - "In den Sandbergen"

Die bemerkenswerteste Stechimmenfauna wies die Untersuchungsfläche von Drösing auf, obwohl dort wegen des niedrigen Boden-pH nur wenige Blütenpflanzen gedeihen. Von den gefundenen Arten charakterisieren und differenzieren zwei Gruppen dieses Gebiet gegenüber den anderen niederösterreichischen Flugsanden:

- Westpaläarktische Arten mit eher nördlichem Verbreitungsschwerpunkt

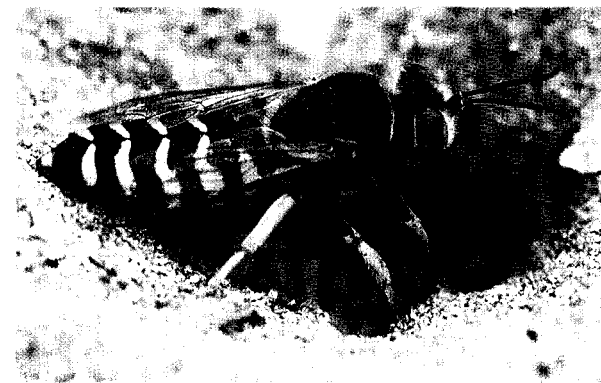
Die Wildbienen *Andrena argentata*, *Halictus perkinsi*, *Lasioglossum minutissimum*, *Lasioglossum tarsatum*, die Grabwespen *Dryudella stigma*, *Podalonia luffi* und *Bembix rostrata*, die Wegwespen *Pompilus cinereus* und *Anoplius viaticus pagana* sowie die Faltenwespe *Pterocheilus phaleratus* entsprechen diesem Typus.



Wildbiene
Andrena argentata



Grabwespe
Podalonia luffi



Kieselwespe
Bembix rostrata



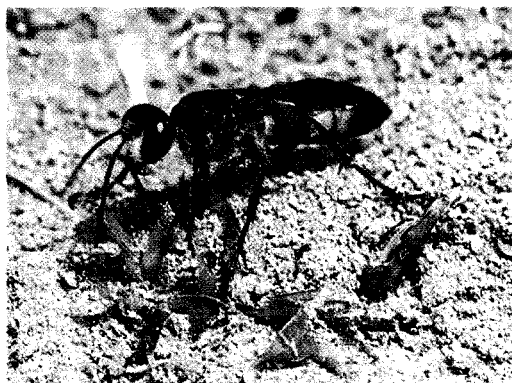
Wegwespe
Anoplius viaticus
pagana mit Spinne



Faltenwespe
Pterocheilus
phaleratus



Grabwespe *Ammophila terminata* mit Raupe



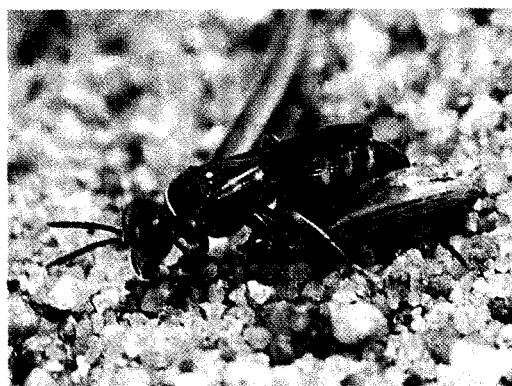
Grabwespe *Sphex rufocinctus*



Grabwespe *Bembecinus hungaricus* mit Zikade



Dünensandlaufkäfer *Cicindela hybrida*



Grabwespe *Harpactus elegans* mit Zikade



Grabwespe *Prionyx kirbii*

Alle diese Arten scheinen gröberen Sand zu bevorzugen, vielleicht, weil er nach Niederschlägen schneller abtrocknet, was in niederschlagsreichen Gebieten ein großer Vorteil sein mag. Zumindest *Andrena argentata*, *Lasioglossum tarsatum*, *Podalonia luffi* und *Pompilus cinereus* benötigen offene Sandflächen.

- Mediterrane Arten

Die Wildbiene *Ceratina nigrolabiata*, die Grabwespen *Bembecinus hungaricus* und *Ammophila terminata* sowie die Wegwespe *Telostegus inermis* sind die auffallendsten Vertreter dieser Gruppe. Zwei dieser Arten wurden für Österreich neu entdeckt, nämlich *Bembecinus hungaricus* und

Telostegus inermis, für *Ceratina nigrolabiata* ist dies der erste gesicherte Fund in Österreich, *Ammophila terminata* wurde nach mehr als hundert Jahren ohne Nachweis hier für Österreich wiederentdeckt.

Die Grabwespe *Bembecinus hungaricus*, die in Drösing 1996 zu Tausenden vorkam, wird in ganz Europa nur sehr selten und stets nur in wenigen Exemplaren gefunden. Sie benötigt offene Sandflächen. Der relativ grobe Sand wird von diesen Arten offenbar wegen der dort herrschenden extremen Temperaturverhältnisse aufgesucht.

Weitere hier vorkommende mediterrane Arten wie die Wildbiene *Nomioides minutissimus* und die

Grabwespen *Prionyx kirbii*, *Sphex rufocinctus* und *Harpactus elegans* sind auch in anderen niederösterreichischen Flugsandgebieten mit offenen Sandflächen zu finden.

Bei anderen Insektengruppen stellen wir in Drörsing eine ähnliche Verteilung wie bei den aculeaten Hymenopteren fest. Als Beispiel seien die Woll- und Trauerschweber (Diptera: Bombyliidae) genannt: Der Trauerschwaber *Argyramoeba varia* gehört etwa der ersten Gruppe der Arten mit nördlicherem Verbreitungsschwerpunkt an, *Exhyalanthrax afer* und *Exoprosopa stupida* hingegen sind zwei mediterrane Arten.

Weikendorf - Sandberge im Brunnfeld

In Weikendorf sind die eher nördlich verbreiteten Arten kaum mehr anzutreffen, lediglich *Andrena argentata* wurde in wenigen Exemplaren gefunden. Mediterrane Arten sind dagegen reichlich vertreten, wenn auch *Bembecinus hungaricus* und *Telostegus inermis* fehlen und *Ammophila terminata* nur in wenigen Exemplaren vorkommt. Dagegen ist das kleine Sandbienenchen *Nomioides minutissimus* ausgesprochen häufig und wird hier von



Sandbienenchen
Nomioides
minutissimus



Sandbienenchen
Nomioides
variegatus



Sandberge im
Brunnfeld
(Weikendorf)



**Sandtrockenrasen mit Rispen-Gipskraut im
Naturschutzgebiet "Sandberge Oberweiden"**



Wegwespe *Cryptocheilus fabricii*



Kleine Kreiselwespe *Bembecinus tridens*

der ebenfalls südlichen Schwesternart *Nomioides variegatus* begleitet.

Entsprechend dem Vorkommen kleinerer Flächen von Sandtrockenrasen wurden auch Zeigerarten für Sandtrockenrasen wie die kleine Furchenbiene *Halictus semitectus* gefunden.

Oberweiden - Naturschutzgebiet "Sandberge Oberweiden"

Im Naturschutzgebiet "Sandberge Oberweiden" fehlen die beiden bisher besprochenen Gruppen von Sandarten weitgehend, dafür kommen einige typische Sandtrockenrasenarten wie die Biene *Halictus semitectus* und die Wegwespe *Cryptocheilus fabricii* vor. Das Fehlen offener Sandflächen bzw. der Pioniergesellschaften von Sandrasen führt dazu, daß selbst so charakteristische und relativ häufige Sandarten des Pannonikums wie die kleine Kreiselwespe *Bembecinus tridens* kaum vertreten sind.

Am artenreichsten ist die Sandsteppe Oberweiden im Sommer, wenn zunächst Rispen-Gipskraut/*Gypsophila paniculata* und dann verschiedene Doldenblütler (Berg-Haarstrang/*Peucedanum oreoselinum* etc.) große blühende Bestände bilden, sehr artenarm ist hingegen der blütenarme Zeitraum von Mai bis Anfang Juni.

Auffallend ist die hohe Abundanz nicht-sandspezifischer Arten wie der Wildbienen *Andrena nigroaenea*, *Halictus rubicundus* oder der Grabwespen *Cerceris quadrifasciata*, *Oxybelus quatuordecimmaculatus* und *Oxybelus variegatus*, die vermutlich für spezifische Sandarten eine Nahrungs- bzw. Beutekonkurrenz darstellen. Ihr Vorkommen belegt, daß Sandtrockenrasen ein weniger extremes Mikroklima aufweisen als offene Sandflächen.

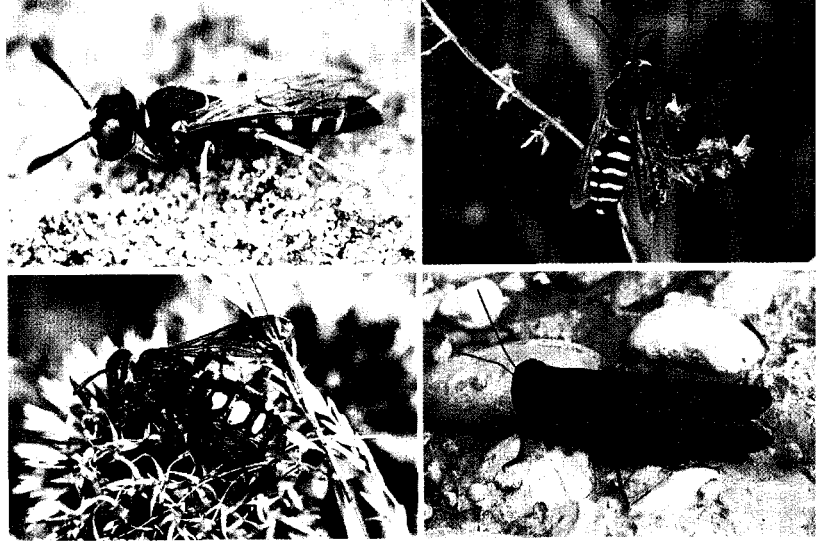
Oberweiden wird seit mehr als hundert Jahren hymenopterologisch durchforscht. Deshalb kann

hier der Rückgang bzw. das Verschwinden spezifischer Sandarten gut belegt werden (siehe WIESBAUER & MAZZUCCO 1997). Bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden hier noch charakteristische Sandarten des Pannonikums wie der kleine Bienenwolf *Philanthus venustus*, die pannonische Knotenwespe *Cerceris somotorensis* (pannonischer Endemit!) und die schöne große Dolchwespe *Colpa interrupta* nachgewiesen. Mit dem "Zuwachsen" dieses Naturschutzgebietes scheinen alle diese Arten verschwunden zu sein.

Zu ähnlichen Befunden kommt man beim Studium anderer Insektengruppen, z. B. der Heuschrecken. Die Rote Liste der gefährdeten Heuschrecken Niederösterreichs (BERG & ZUNA-KRATKY 1997) führt eine Anzahl von Sandarten auf, die früher in Oberweiden gefunden werden konnten, inzwischen aber dort ausgestorben sind.

Lassees - "Erdpreßhöhe"

Das untersuchte Sanddünengebiet bei Lassees ist zu klein, um systematisch mit den anderen genannten Gebieten verglichen werden zu können. Da es aber als einziges der Untersuchungsgebiete überwiegend aus Feinsand besteht, sei es dennoch kurz besprochen. Wenn wir auch aus dem Fehlen vieler bisher genannter Arten wegen der geringen Ausdehnung des Geländes keine weitgehenden Schlüsse ziehen wollen, ist doch das Vorkommen einiger Arten nur hier und nicht in den anderen Dünengebieten von gewissem Aussagewert. So konnten die Kreiselwespe *Bembix tarsata*, die Knotenwespe *Cerceris albofasciata* und die Sandbiene *Andrena decipiens* nur hier gefunden werden. Die Furchenbiene *Lasioglossum quadrinotatum*, die vereinzelt an feinsandigen Stellen der Donauauen vorkommt, findet sich hier in einer großen Aggregation. Wir vermuten daher, daß die Qualität "Feinsand" einen wesentlichen Faktor für diese Vorkommen darstellt.



Bienenwolf Philanthus venustus, Knotenwespe Cerceris somotorensis, Dolchwespe Colpa interrupta und Pferdeschrecke Celes variabilis sind in Oberweiden ausgestorben



Sandtrockenrasen in der "Erdpreßhöhe" werden von der Goldrute verdrängt



Kreiselwespe Bembix tarsata

5.3.2 Seedamm am Ostufer des Neusiedler Sees

Im Bereich des Seedammes nehmen Sandstandorte einen großen Raum ein (Fein- bis Mittelsand, gute bis schlechte Sortierung). Da offene Sandflächen neben mehr oder weniger lückigen Sandtrockenrasen vorkommen, liegt der Schluß nahe, daß hier eine große Zahl an sandbewohnenden Stechimmen mit verschiedenen Habitatansprüchen vertreten ist.

Infolge der Nähe von Steppenrasen und Ruderalflächen sowie dem Verlandungsgürtel des Sees ist auch der Blütenreichtum stellenweise groß. Die Nähe der offenen Wasserfläche und die thermischen Winde mildern die mikroklimatischen Extreme des offenen Geländes allerdings etwas.

Tatsächlich beherbergte der Seedamm früher eine außerordentlich bemerkenswerte und in Österreich einmalige Hymenopterenfauna mit zahlreichen Sandarten (DOLLFUSS et al. 1998, FRANZ 1982, PRIESNER 1966-1969).

Mit der Zunahme des Weinbaues und dessen Intensivierung sowie der Anlage von Windschutzstreifen gingen viele Sandflächen als Lebensraum

für Tiere verloren. Die Sandfauna konzentrierte sich auf einige unversehrte Dünenabschnitte und den sandigen Weg, der entlang des Seeufers führte. Mit der teilweisen Asphaltierung dieses Weges wurden die Lebensmöglichkeiten der Sandfauna auf kleine Restflächen reduziert, vor allem, weil damit offene Sandflächen nahezu beseitigt wurden. Die Stilllegung von Weingärten und das Entstehen von Weingartenbrachen brachte in allerletzter Zeit wieder eine leichte Verbesserung der Situation mit sich.

Viele der in früheren Jahren nachgewiesenen Arten konnten wir in den letzten zwei Jahren nicht mehr bestätigen. Dennoch gelang es, eine Reihe von interessanten Stechimmen-Arten wieder zu entdecken: Die Spargel-Sandbiene *Andrena chrysopus* scheint hier einen der letzten Standorte in Ostösterreich zu besitzen, ebenso die kleine Sand-Seidenbiene *Colletes marginatus*. Die Sand-Blattschneiderbiene *Megachile leachella* kommt hier noch in der größten Population vor, die uns derzeit aus Österreich bekannt ist.

Bemerkenswert ist weiters das Vorkommen der Biene *Andrena nasuta*, die an Ochsenzunge/*Anchusa* sammelt, und jenes der Seidenbiene *Colletes hylaeiformis*, die Mannstreu/*Eryngium* nutzt. Diese monolektischen Arten nisten nicht



Sandweg im Bereich des Seedammes



Sandbrache

ausschließlich, jedoch bevorzugt in sandigen Substraten.

Das eng verzahnte Mosaik unterschiedlicher Sandhabitats wird durch das Vorkommen der Furchenbienen *Halictus perkinsi* und *Halictus semitectus* belegt, die differierende Ansprüche an die Korngröße des bewohnten Sandes und den Deckungsgrad der Vegetation haben. Diese Arten treten ansonsten selten gemeinsam auf.

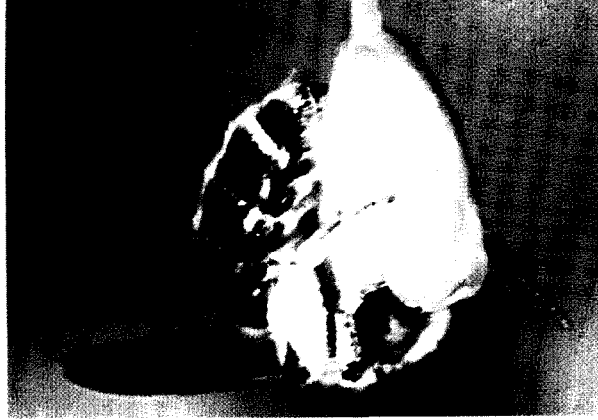
Die auffallendste Erscheinung auf den Sandflächen des Seedammes ist jedoch die große Kreiselwespe *Bembix rostrata*, die an manchen Stellen zu Dutzenden bei der Anlage der Nester beobachtet werden kann. Eine andere interessante Grabwespe, *Gorytes sulcifrons*, die ihre Nester mit gelähmten Zikaden verproviantiert, kann bevorzugt auf blühenden Doldenblütlern/*Apiaceen* gefunden werden.

Unter den Wegwespen ist eine Art in Österreich ebenfalls nur am Seedamm nachgewiesen worden, nämlich *Aporinellus sexmaculatus*, die ebenso wie *Bembix rostrata* Weingartenbrachen für die Anlage ihrer Nester nützt.

5.4 Gefährdung

Pionierstandorte auf Sand zählen zu den gefährdetsten Lebensräumen unserer Kulturlandschaft. Waren offene oder vegetationsarme Sandflächen noch im letzten Jahrhundert im Marchfeld, im Marchtal und am Ostufer des Neusiedler Sees großräumig ausgebildet, so reduzierte sich ihre Fläche in der Zwischenzeit durch umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen auf wenige Hektar.

Obwohl die naturräumliche Bedeutung solcher Standorte schon lange bekannt ist, werden noch immer viele Bereiche durch Aufforstungen, intensive landwirtschaftliche Nutzung und den Sandabbau zerstört. Aber auch in den Naturschutzgebiete



Spargel-Sandbiene
Andrena chrysopus



Sand-Blattschneiderbiene
Megachile leachella



Kegelbiene
Coelioxys brevis,
Brutparasit von
Megachile leachella



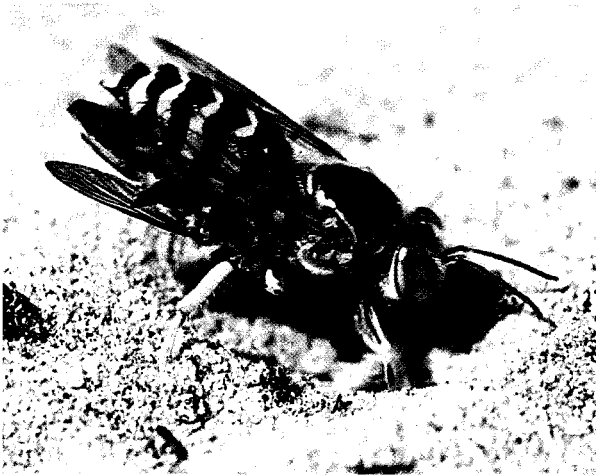
Sandbiene *Andrena nasuta*
sammelt auf
Ochsenzunge



Seidenbiene Colletes hylaeiformis sammelt auf Feld-Mannstreu



Wegwespe Episyron rufipes



Kieselwespe Bembix rostrata mit Fliege



Goldwespe Parnopes grandior, Parasit von Bembix rostrata

ten sind die Initialstadien stark zurückgegangen, da es an einer entsprechenden Pflege (Mahd, Beweidung, Abtrag des Oberbodens) fehlt.

Im folgenden werden die wichtigsten Ursachen für den Verlust an Sandrasen im Bereich der niederösterreichischen Flugsandgebiete und des burgenländischen Seedammes aufgezeigt.

Flugsande der Praterterrasse, der Gänserndorfer Terrasse und des Marchtales

• Forstwirtschaftliche Nutzung

Die Aufforstungen während der letzten beiden Jahrhunderte haben wesentlich zur Stabilisierung der Flugsande beigetragen, so daß die Winderosion heute keine bedeutende Rolle mehr spielt. Dennoch zielen die forstwirtschaftlichen Planun-

gen noch immer auf eine Ausdehnung des Waldbestandes in den Sandgebieten ab, vielfach auf Kosten wertvoller Sandrasen. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen sind die naturschutzfachlichen Bestrebungen nur schwer umsetzbar (vgl. dazu WIESBAUER & MAZZUCCO 1997), da

- das Forstrecht in der geltenden Fassung nicht mit den Zielen des Naturschutzes zu vereinen ist (insbesondere die §§ 4, 18, 21, welche die Neubewaldung, die Rodungsbewilligung, den Begriff des Schutzwaldes regeln),
- Wälder auf Flugsand nach dem Forstgesetz Schutzwälder sind und besonders restriktiven Bestimmungen unterliegen,
- Ersatzaufforstungen im pannonischen Raum zumeist auf Böden durchgeführt werden, die

aus landwirtschaftlicher Sicht minderwertig sind, aus naturschutzfachlicher Sicht hingegen zu den wertvollsten zählen (z. B. Trocken- und Feuchtstandorte) und

- Neuaufforstungen im Bereich der Sandgebiete hoch subventioniert wurden bzw. werden (Ausführungsprogramm zur EU-VO 2080/92 und verschiedene andere Förderungsprogramme).

• Landwirtschaftliche Nutzung

Die Technisierung und der Strukturwandel in der Landwirtschaft haben zu tiefgreifenden Veränderungen in den Flugsandgebieten geführt. Durch den Einsatz mineralischer Düngemittel und moderner Bewässerungstechniken ist es möglich, auch karge Sandböden intensiv zu nutzen. Aus diesem Grund wurden in den vergangenen Jahrzehnten viele extensiv bewirtschaftete Weideflächen umgebrochen und in Äcker umgewandelt.

Da die traditionelle Schafwirtschaft abgekommen ist, breiten sich auf den verbleibenden Sandrasen und Sandtrockenrasen allmählich Gehölze aus. Zudem führt der Düngemiteleintrag aus den angrenzenden Ackerflächen und der verminderte Biomassenentzug durch Mahd und Beweidung zur Eutrophierung der Standorte.

• Sandabbau

Da äolische Sande zumeist nur in geringer Mächtigkeit abgelagert sind, werden bei größeren Entnahmemengen enorme Flächen beansprucht. Erfolgt der Abbau in Form einer Naßbaggerung, bleiben von den terrestrischen Sandlebensräumen langfristig nur kleine Restflächen übrig, die für Hymenopteren von Bedeutung sind. Wird der Grundwasserhorizont nicht erreicht, können sich bei sporadischer Sandentnahme auch äußerst wertvolle Xerothermstandorte ausbilden. Auf die Problematik des Sandabbaues wird in Kapitel 7.1 näher eingegangen.



Aufforstung von Sanddünen



Robinie eutrophiert Sandstandorte



Landwirtschaftliche Nutzung von Sandböden

• Fehlende Dynamik

Pionierstandorte auf Flugsand sind in unserer Kulturlandschaft besonders gefährdet, da die Sande nicht mehr vom Wind umgelagert werden. Auf offenen Sandflächen breiten sich zunächst Pionierpflanzen aus. In dem Maße, wie der Sand gebunden wird und die Bodenentwicklung einsetzt, folgen anspruchsvollere Pflanzen und bei ausbleibender Mahd oder Beweidung schließlich Gehölze. Offene Sandstellen entstehen heute vorwiegend durch die menschliche Tätigkeit, kleinräumig auch durch Kaninchen, Dachs, Fuchs und Ziesel, die in den Sanddünen häufig ihre Baue anlegen.

• Isolation der Sandgebiete

Viele Sandrasengebiete sind heute nur mehr kleinflächig ausgebildet und innerhalb der intensiv genutzten Kulturlandschaft des Marchfeldes isoliert. Da die nächstgelegenen Sandrasenbestände oft mehrere Kilometer entfernt sind, ist die Möglichkeit der Wiederbesiedlung durch bereits verdrängte Arten stark eingeschränkt.

Seedamm am Ostufer des Neusiedler Sees

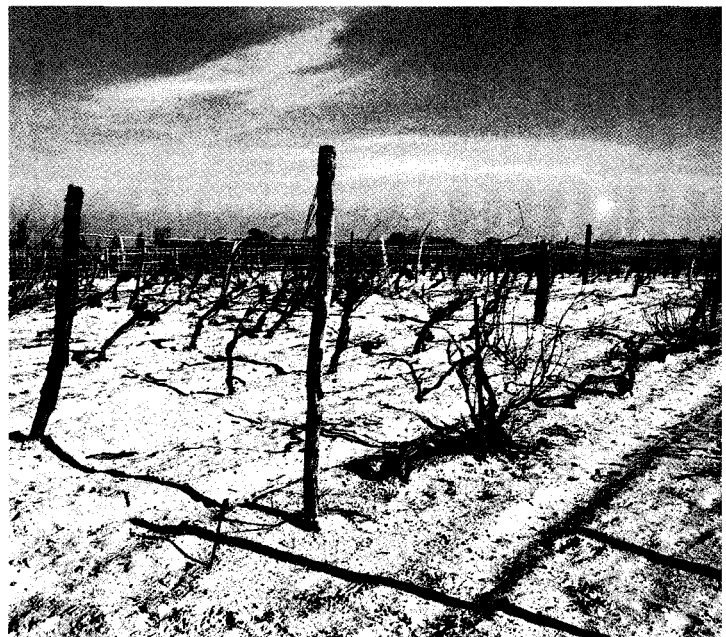
• Ausweitung des Weinbaus

In den letzten Jahrzehnten wurden im Bereich des Seedamms viele Rebflächen neu angelegt. Um die Bewirtschaftung zu erleichtern, wurde der Seedamm teilweise eingeebnet. Von den ehemals ausgedehnten Trockenrasen sind heute nur mehr kleine Reste erhalten. In den letzten Jahren wurden wieder zahlreiche Weingärten gerodet und stillgelegt. Auf diesen Brachen entwickeln sich jedoch vorwiegend Arten der Segetal- und Ruderalflora.

• Ausbau der Radwege

Um den Tourismus im Nationalpark Neusiedler See - Seewinkel anzukurbeln, wurde das Radwe-

Ausweitung des Weinbaues



genetz während der letzten Jahre stark ausgeweitet. Im Bereich des Seedamms asphaltierte man bestehende Erdwege zum überwiegenden Teil, so daß sich das Ausmaß offener Sandflächen entlang der Wege beträchtlich vermindert hat. Zudem trägt der zunehmende Nutzungsdruck zur Eutrophierung wertvollster Xerothermstandorte bei.

• Aufforstungen

Im Bereich des Seedamms wurden mehrere Bereiche mit Pappel und Ölweide aufgeforstet. Eine Folge dieser Maßnahme ist, daß sich die Charakteristik angrenzender Standorte geändert hat, da die Winderosion ab- und die Beschattung zunahm.

5.5 Erhaltungsziele

Von ehemals ausgedehnten Gebieten mit Sandrasen und Sandtrockenrasen sind in Niederösterreich und im Burgenland nur kleine Bereiche übriggeblieben. Diese Restflächen bilden letzte Refugien für sandliebende Tier- und Pflanzenarten und bereichern die intensiv genutzte Kulturland-

Schwendung aufkommender Gehölze



schaft wesentlich. Ihre Erhaltung und die Schaffung weiterer vergleichbarer Pionierstandorte stehen im Mittelpunkt der naturschutzfachlichen Bestrebungen.

Die pannonischen Sanddünen wurden deshalb von der EU in die Liste der prioritären Lebensräume aufgenommen und genießen besonderen Schutz (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in der geltenden Fassung). Österreich hat sich mit dem Beitritt zur EU verpflichtet, diese Lebensräume zu erhalten und wird dabei durch spezifische Förderungsprogramme der EU unterstützt. Das Amt der Niederösterreichischen Landesregierung hat bei der EU ein LIFE NATUR Projekt eingereicht, das im Sommer 1998 genehmigt wurde. Mit der finanziellen Hilfestellung durch die EU können in den nächsten Jahren umfangreiche Pflegemaßnahmen gesetzt werden, die der Erhaltung dieser einzigartigen Lebensräume dienen.

Um den drohenden Artenschwund im Bereich der pannonischen Sanddünen aufzuhalten, ist es u. a. notwendig,

Extensive Beweidung mit Schafen



- die laufenden und noch drohenden Zerstörungen wirksam zu unterbinden,
- das Angebot an Pionierflächen zu erhöhen,
- kleinräumige Sedimentumlagerungen zu ermöglichen,
- besonders wertvolle Sandgebiete, die derzeit acker- oder waldbaulich genutzt werden, in Sandrasen überzuführen,
- die Sandstandorte entsprechend zu pflegen (u. a. Beweidung, Abtrag des Oberbodens) und
- den Nährstoffeintrag zu vermindern.

6 Weitere Sandvorkommen

Neben den bereits besprochenen rezenten Flußsanden und den postglazialen bzw. glazialen Flugsanden gibt es noch weitere Sandvorkommen in Österreich. Dazu zählen u. a. pleistozäne fluviatile Sande, tertiäre marine Sande und in-situ-verwitterte Kaolinsande.

Diese Ablagerungen werden jedoch meist von tiefgründigen Böden bedeckt, so daß sie als Lebensraum für Hymenopteren nur im Zusammenhang mit bestimmten Nutzungen von Bedeutung sind. Offene oder vegetationsarme Sandflächen gibt es in der Regel lediglich dort, wo der Mensch eingreift und die Vegetation und den Oberboden entfernt. Der faunistische Stellenwert dieser zumeist älteren Sandvorkommen wird deshalb im Rahmen von nutzungsbezogenen Fallbeispielen in Kapitel 7.1, 7.2 und 7.3 diskutiert.

6.1 Pleistozäne fluviatile Sande

Pleistozäne fluviatile Ablagerungen prägen vielerorts das Umland größerer Fließgewässer und bilden hier Terrassen, die den unterschiedlichen Eiszeiten entsprechen. An den Terrassensedimenten haben Sande in der Regel nur einen geringen Anteil, meist dominieren grobkörnige Fraktionen. Offene Sandlebensräume gibt es lediglich an extrem genutzten Stellen, deren faunistische Bedeutung anhand von Fallbeispielen in Kapitel 7.1 (Sandgruben) und Kapitel 7.3 (militärische Nutzung) besprochen wird.

6.2 Marine Sande

Nicht verfestigte, marine Sande sind in der Regel dem Tertiär zuzuordnen. Solche Ablagerungen gibt es u. a. im Alpenvorland und den Beckenlandschaften am Alpenost- und -nordstrand. Da diese

Sedimente vielerorts von quartären Ablagerungen bedeckt werden, treten sie oberflächennah nur lokal begrenzt wie z. B. am Rand der Böhmisches Masse, der Alpen und anderer Erhebungen auf. Die faunistische Bedeutung offener Sandstandorte wird in Kapitel 7.1 (Sandgruben) und Kapitel 7.2 (Sandbrachen) besprochen.

6.3 In-situ-verwitterte Kaolinsande

Einige größere Sandvorkommen gehen auch auf eine In-situ-Verwitterung des Ausgangsgesteins zurück. So haben sich am Südrand der Böhmisches Masse durch die alttertiäre Verwitterung und den Zerfall von Feldspat kaolinreiche Sande gebildet, die von Tonen (Pielacher Tegel) und Sanden (Linzer Sande) überlagert werden. Diese extrem sauren Kaolinsande werden an mehreren Standorten in Oberösterreich abgebaut (z. B. Weinzierl und Kriechbaum bei Schwertberg), wo es auch ausgedehnte Pionierstandorte gibt. Die ökologische Bedeutung dieser Flächen wird in Kapitel 7.1 diskutiert (Sandgrube bei Weinzierl).

7 Nutzungsbezogene Fallbeispiele

7.1 Sandgruben

Sand hat eine große wirtschaftliche Bedeutung und wird als Rohstoff v.a. in der Baustoff- und Glasindustrie eingesetzt. Die Gewinnung von Quarzsand betrug 1996 in den 122 nach Bergrecht genehmigten Betrieben etwa 7,800.000 Tonnen (BMWA 1997). Davon entfallen auf Niederösterreich 54 %, auf Oberösterreich 38 %, auf das Burgenland 7 % und auf die Steiermark <1 %.

Wurde früher an vielen Stellen Sand abgebaut, so konzentriert sich die Gewinnung heute auf wenige Standorte, an denen in der Regel große Mengen entnommen werden. Die ehemals zahlreichen Sandgruben mit sporadischer Entnahme sind weitgehend aus dem Landschaftsbild verschwunden, da sich auf den Sandflächen allmählich Gehölze ausbreiten.

Die Mehrzahl der Sandgruben wird nach Beendigung des Abbaus wieder "rekultiviert" und land- oder forstwirtschaftlich genutzt. "Renaturierte" Sandgruben gibt es hingegen nur einige wenige, obwohl es sich dabei vielfach um äußerst wertvolle Sandlebensräume handelt.

7.1.1 Standortscharakteristik

Im Bereich einer Sandgrube treffen verschiedene Lebensraumtypen aufeinander. Das Spektrum umfaßt Gewässer, häufig umgelagerte Sandflächen und auch ausgesprochene Xerothermstandorte wie Steilwände und Sandhügel. Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Studie wird im folgenden auf die terrestrischen Lebensräume näher eingegangen.

Die Standortqualität der untersuchten Sandgruben hängt wesentlich von der Charakteristik des San-

des, dem Klima, der Wasserversorgung, dem Relief und der Art des Abbaus ab. Häufige Sandumlagerungen tragen dazu bei, daß die Sukzession unterbrochen und auf das Ausgangsstadium zurückversetzt wird. Sandrohböden weisen geringes Wasserspeichervermögen auf und trocknen an der Oberfläche rasch aus.

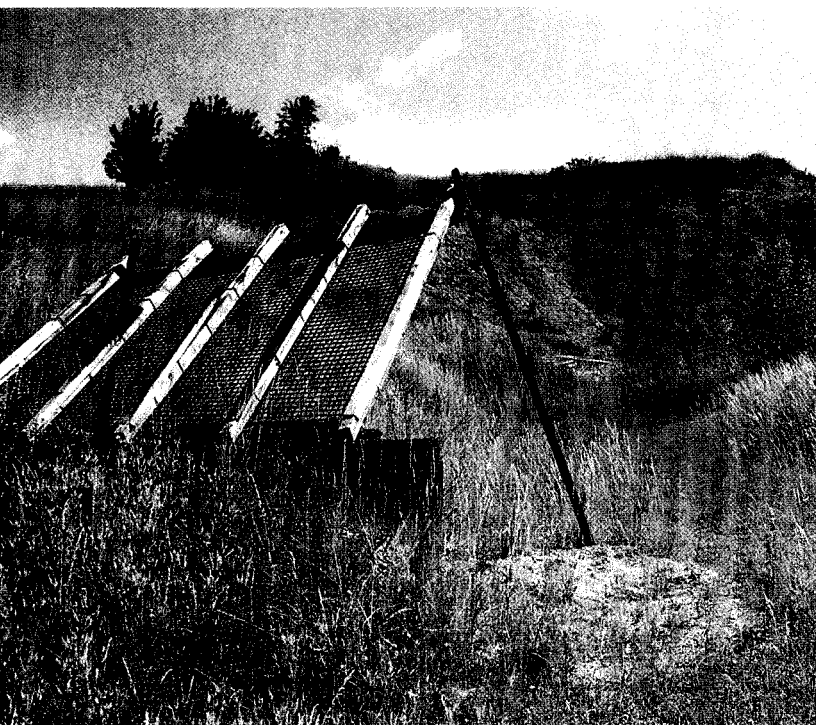
Da mit dem Abtrag des Oberbodens auch das Diasporenpotential (Sporen, Samen, Früchte, Fruchtverbände, größere Pflanzenteile oder ganze Pflanzen, die der Ausbreitung dienen) beseitigt wird, ist die Vegetationsentwicklung im Bereich einer Sandgrube von der Umgebung abhängig. Die pflanzlichen Verbreitungsorgane können durch Wind, Wasser, Tiere und den Menschen in eine Sandgrube gelangen. Arten mit flugfähigem Samen dominieren unter den Erstbesiedlern. Da Pflanzen der unmittelbaren Umgebung den Diasporeneintrag stärker bestimmen als weiter entfernte, spiegelt die Vegetationsentwicklung die Naturraumausstattung des näheren Umfeldes wider. Werden die angrenzenden Flächen ackerbaulich genutzt, so besiedeln vorwiegend Arten der Segetal- und Ruderalflora die Sandflächen. Liegt der Sandabbau im Nahbereich von Sandrasen oder Sandtrockenrasen, gedeihen hier auch viele Sand- und Trockenrasenarten.

7.1.2 Faunistische Bedeutung

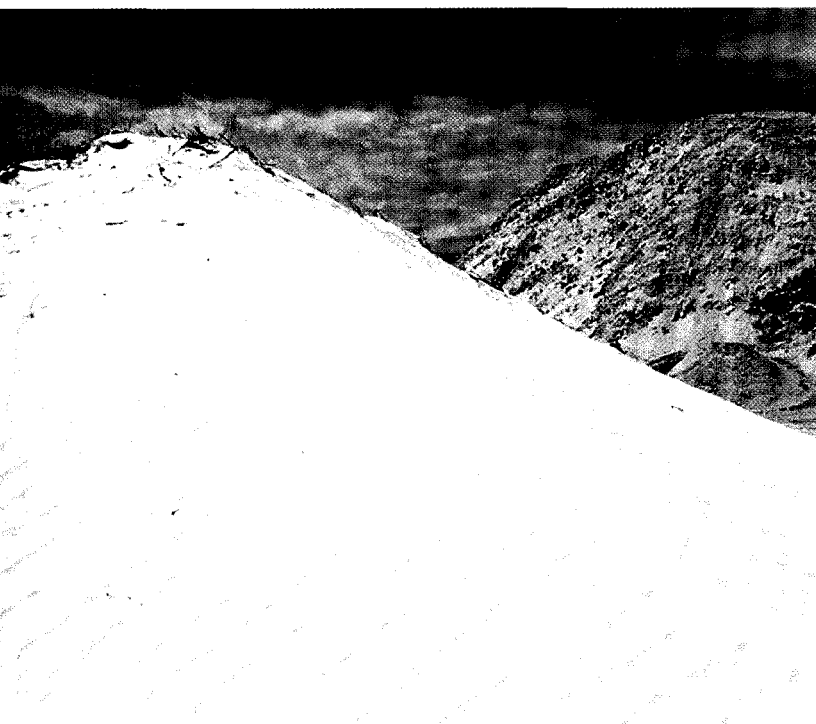
Sandgruben können im Hinblick auf ihre Bedeutung als Sandlebensraum zwei wichtige Funktionen erfüllen:

- Sie stellen Ersatzlebensräume für sandgebundene oder sandbevorzugende Tierarten dar. Besonders Arten, die offene Sandflächen zur Anlage von Nestern benötigen, finden in manchen Teilen Österreichs nur mehr in Sandgruben Existenzmöglichkeiten.

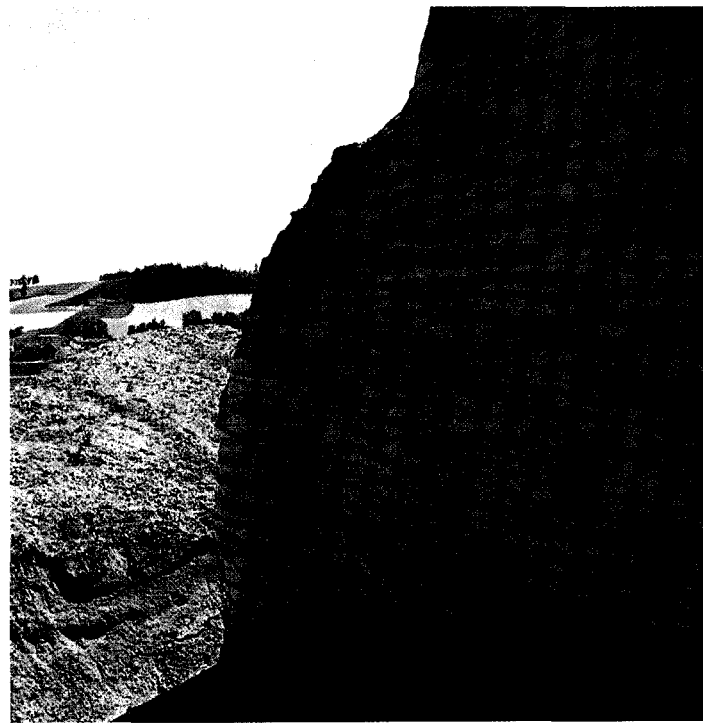
Kleinräumige Sandentnahme bei Ladendorf



Blütenreiche Böschung



Sandgrube bei Melk



Sandgrube bei Prambachkirchen

- Sie bieten für Arten der früheren Kulturlandschaft, die der intensiven Landbewirtschaftung nicht gewachsen sind, wertvolle Rückzugsflächen und können solchermaßen Reservate bilden, von denen bei einer extensiver werdenden Nutzung jederzeit Neubesiedlungen erfolgen können.

Damit eine Sandgrube für Stechimmen attraktiv ist, müssen entsprechende Nistflächen und ein adäquates Nahrungs- und Futterangebot vorhanden sein. Nahrung für den Eigenbedarf und Futter für die Brut können je nach den Fähigkeiten einer bestimmten Art in mehr oder weniger großer Entfernung vom Nistplatz genützt werden. Deshalb spielt auch die Qualität der Umgebung eine Rolle für die faunistische Bedeutung einer Grube. Umgekehrt können Sandgruben Nistplätze für Bienenarten bieten, die in der Umgebung als Bestäuber landwirtschaftlicher Kulturen große Bedeutung haben können.

Nistflächen (für Sandarten meist mehr oder weniger offene Sandflächen) müssen für die Dauer eines Generationszyklus (also meist für ein Jahr) ungestört zur Verfügung stehen, damit sich eine Art erfolgreich vermehren kann. Intensiv durch Abbau genutzte Bereiche einer Sandgrube haben daher keine oder sogar eine negative Bedeutung für die Populationsentwicklung aculeater Hautflügler, weil dort angelegte Nester immer wieder vernichtet werden.

Unter Berücksichtigung dieser Grundvoraussetzungen ist die Artzusammensetzung einer Grube von folgenden Faktoren abhängig:

- dem Klima der Landschaft, in der die betreffende Sandgrube eingebettet ist,
- der Sandqualität (Korngröße etc., vgl. Tabelle 7.1),
- dem Relief der Grube (Exposition von Sandflächen, Neigung der Hänge etc.),
- dem Pflanzenkleid in, am Rand und in der Umgebung der Grube,
- dem Vorhandensein offener Wasserflächen,
- der Relation zu anderen Sandlebensräumen in der Umgebung,
- der Art und Intensität der Nutzung (Abbaufortschritt, Nachnutzung etc.).

Da diese Faktoren in unterschiedlicher Kombination zusammentreffen, hat nahezu jede Sandgrube, soweit sie als Lebensraum für Tiere geeignet ist, ihre charakteristische Fauna.

Bei der folgenden Besprechung der Untersuchungsgebiete werden jeweils nur die qualitativ oder quantitativ charakteristischsten Elemente der Stechimmenfauna erwähnt.

Sandgrube	Kies in % > 2	Grobsand in % 2-0,63	Mittelsand in % 0,63-0,2	Feinsand in % 0,2-0,063	Schluff und Ton in % <0,063	Korngrößen maximum	Sortierung nach Trask (1932)	pH- Wert
Lassesee	0	0	12,5	75,2	12,3	Feinsand	gut sortiert	7,8
Drösing	0	13,7	71,5	8,6	6,2	Mittelsand	gut sortiert	4,7
Breitensee	8,3	31,4	41,4	12,4	6,5	Mittelsand	schlecht sortiert	4,5
Neu Nagelberg	2,8	36,7	45,7	13,6	1,2	Mittelsand	mäßig sortiert	4,5
Prambachkirchen-A	0,4	52,3	39,5	4,3	3,5	Grobsand	gut sortiert	6,3
Prambachkirchen-B	0,8	48,6	39,8	7,7	3,1	Grobsand	gut sortiert	6,3
Weinzierl	5,5	38	44,3	9,4	2,8	Mittelsand	schlecht sortiert	4,8
Melk Wachtberg-A	0	0	42,3	52,4	5,3	Feinsand	gut sortiert	6,9
Melk Wachtberg-B	0	0,2	36,6	59,5	3,7	Feinsand	gut sortiert	7,1

Tab. 7.1: Korngröße und pH-Wert ausgewählter Sandproben (HOMAYOUN 1997, ROETZEL 1997, UMWELTBUNDESAMT 1997)

Flußregenpfeifer



Flugsande - Sandgrube in Drösing (Niederösterreich)

Sandcharakteristik: Die Flugsande des Gebietes "In den Sandbergen" wurden im Postglazial abgelagert. Die Sedimente haben ein Korngrößenmaximum im Mittelsandbereich, sind gut sortiert und reagieren stark sauer.

Das Sandvorkommen umfaßt eine Fläche von etwa 20 ha, von der bislang bereits 5 ha abgebaut wurden. Da der Abbau in Form einer Naßbaggerung erfolgt, bleiben von den terrestrischen Sandlebensräumen langfristig nur kleine Restflächen übrig. Die Sande werden häufig umgelagert, so daß für Hymenopteren derzeit nur wenige Stellen von Bedeutung sind. Dazu zählen vor allem selten befahrene Bereiche am Rand der Sandgrube, wo auch Flußregenpfeifer nisten. Einige Steilufer bieten wertvolle Brutplätze für Uferschwalben.

Die Gruben liegen, getrennt durch einen Rotföhren-Forst, nur etwa 100 m vom bereits besprochenen Flugsandgebiet entfernt (vgl. Kap. 5.2). Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch das Vorhandensein offener Wasserflächen von dem extrem trockenen Sandareal, das nach Abräumung einer Schlagfläche entstanden ist.

Grabwespe Bembecinus hungaricus



Während viele Arten in beiden Arealen vorkommen, gibt es auch auffallende Unterschiede: Die Furchenbiene *Lasioglossum intermedium*, ansonsten im Pannonikum höchst selten, tritt nur im Bereich der Gruben auf, ihre nahe Verwandte *Lasioglossum tarsatum* hingegen haben wir nur auf trockenen Flächen außerhalb der Sandgrube gefunden.

Im Zuge der Abbautätigkeit werden durch Rodung und Abziehen der Pflanzendecke immer wieder größere offene Sandflächen geschaffen, die von vielen Arten als optimaler Nistplatz angesehen und unverzüglich dicht besiedelt werden. Da diese Bereiche dann nach wenigen Monaten abgebaut werden, fungieren sie für viele gefährdete Arten (z. B. *Bembecinus hungaricus*, die sich hier zu Tausenden ansiedelt) als Falle: Ihre Brut wird durch die großflächigen Sedimentumlagerungen häufig vernichtet. Bei besserem Management und schrittweisem Abbau könnten derartige Ausfälle vermieden oder minimiert werden.

Flugsande - Sandgrube in Lassee (Niederösterreich)

Sandcharakteristik: Die postglazialen Flugsande im Gebiet der Erdpreßhöhe weisen ein Korn-

Malven-Langhornbiene *Tetralonia macroglossa*



größtenmaximum im Feinsandbereich auf, sind gut sortiert und reagieren schwach alkalisch.

Der Abbau dieser geringmächtigen Sandablagerungen würde bei größeren Entnahmemengen enorme Flächen beanspruchen. Aus diesem Grund sind die Flugsande von Lassee für einen gewerblichen Abbau ungeeignet. Derzeit wird für gemeindeeigene Zwecke gelegentlich Sand geschürft. Dabei entstehen Steilwände, die wertvolle Brutplätze für Uferschwalben darstellen. Offene Sandflächen gibt es kleinräumig entlang der Wege und in Bereichen mit sporadischer Sandentnahme. Zudem schaffen Fuchs, Dachs und Kaninchen in den Eingangsbereichen ihrer Bauten immer wieder offene Sandstellen. Bei einer größeren Entnahme im Jahr 1997 wurde der Grundwasserhorizont kleinräumig erreicht. Die Abbaufächen sind von Brachen, Windschutzanlagen und landwirtschaftlichen Produktionsflächen umgeben.

Faunistisch von Bedeutung sind die durch den Abbau entstandenen Sandwände sowie die Abraumhügel, die wegen ihrer reichen Ruderalflora von zahlreichen seltenen Hymenopteren genutzt werden.

Hosenbiene *Dasypoda hirtipes*

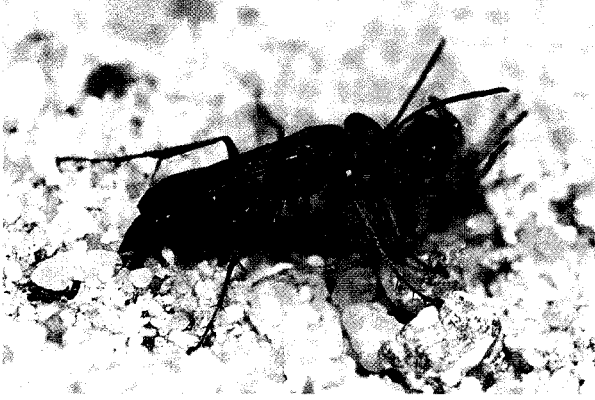


Die Sandwände bieten der seltenen Furchenbiene *Lasioglossum quadrinotatum* offenbar einen so idealen Nistplatz, daß hier große Aggregationen von Nestern entstanden sind. Neben verschiedenen Bienen der Ruderalfauna nutzen auch Grabwespen, nämlich *Alysson spinosus* und mehrere *Oxybelus*-Arten die Wände zur Anlage ihrer Nester. Für die genannte Furchenbiene scheint die Kombination von Feinsand, vertikalen Wänden und blütenreicher Ruderalflora bedeutsam zu sein.

Die Ruderalflora bietet z. B. der Malven-Langhornbiene *Tetralonia macroglossa*, der Hosenbiene *Dasypoda hirtipes* sowie der Schlüßbiene *Rhopites hartmanni* entsprechende Nahrungsgrundlagen.

Auf Pastinak, der an feuchteren Stellen der Grube nahe einem wasserführenden, schilfbestandenen Graben gedeiht, wurden einige seltene Grabwespenarten gefunden, die keine Beziehung zum Sand aufweisen. Zu diesen Arten, die die Grube als Rückzugsgebiet im ansonsten landschaftlich "ausgeräumten" Marchfeld nutzen, zählen: *Psenulus schencki*, *Psenulus pallipes* und *Psenulus laevigatus*, *Trypoxylon attenuatum*, *Trypoxylon beaumonti* und *Trypoxylon deceptorium* sowie *Mimesa equestris*.

Wegwespe
Pompilus cinereus
mit Spinne



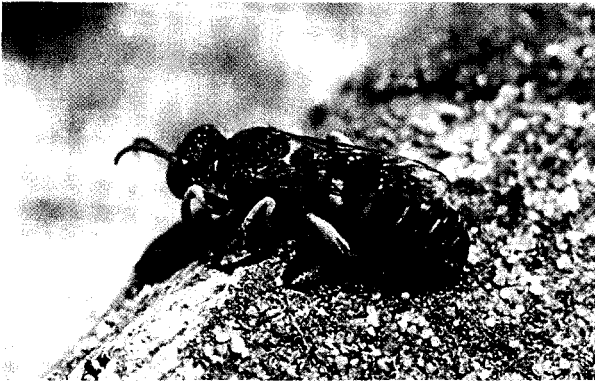
Silikatsande im Waldviertel - Sandgruben in Breitenensee und Neu-Nagelberg (Niederösterreich)

Sandcharakteristik: Die quartären Sande der Lainsitz-Terrasse zwischen Breitenensee und Neu-Nagelberg wurden vorwiegend fluviatil abgelagert. Sie weisen ein Korngrößenmaximum im Mittel- bis Grobsandbereich auf, sind mäßig bis schlecht sortiert und reagieren stark sauer. Die nördlich davon vorkommenden Sande bei Rottal sind äolisch geprägt (STEININGER & ROETZEL 1996). Aufgrund des hohen Grobsandanteiles sind die Sandlebensräume trotz hoher Niederschläge in diesem Raum sehr trocken.



Kleine Kreiselwespe
Bembecinus tridens

Die Sandablagerungen zwischen Breitenensee und Neu-Nagelberg werden an mehreren Stellen großflächig abgebaut. In einigen tiefer gelegenen Teilen der Sandgruben sind größere Seichtwasserbereiche entstanden. Die Abbauf Flächen sind von ausgedehnten Forsten umgeben.



Fliegenspießwespe
Oxybelus argentatus

Aus naturräumlicher Sicht sind besonders jene Gruben von Interesse, in denen der Abbau stark vermindert oder gänzlich eingestellt wurde und die bislang nicht rekultiviert wurden. Hier treffen unterschiedlichste Lebensräume auf kleinstem Raum zusammen. Für Hymenopteren sind Steilwände, locker gelagertes Material am Böschungsfuß und vegetationsarme Sandflächen entlang der Wege von Bedeutung.



Grabwespe
Tachysphex pompiliformis
beim Eintragen einer Heuschrecke

Die Sande dieses Raumes unterscheiden sich hinsichtlich Korngröße und pH-Wert nur wenig von den Flugsanden in Drösing. Es ist daher nicht verwunderlich, daß man hier teilweise jene Arten wiederfindet, die dort als Arten des eher nördlichen Verbreitungstyps mit Präferenz für gröbere Sande charakterisiert wurden. Dazu zählen die Furchenbiene *Halictus perkinsi*, die Grabwespe *Dryocampa stigma*, die Wegwespen *Pompilus cinereus* und *Anoplius viaticus* sowie die Trauerschweber



Spinnenameise
Smicromyrme rufipes,
Brutschmarotzer von Grabwespen



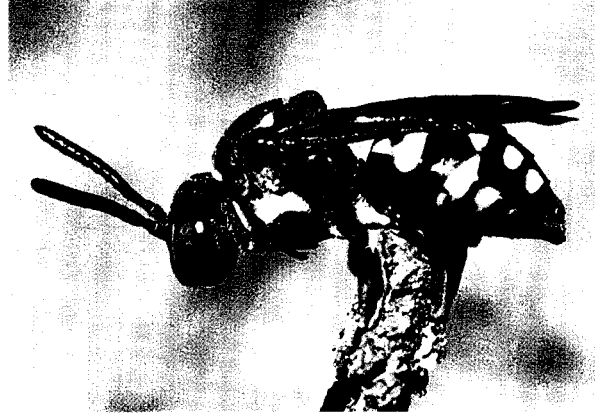
Sandbiene *Andrena nigriceps*



Harzbiene *Anthidium punctatum*



Seidenbiene *Colletes fodiens*



Epeolus variegatus*, Brutparasit von *Colletes fodiens* und *C. similis

Argyrotaenia varia und *Thyriantrax fenestratus* (Bombyliidae).

Bei zwei Grabwespen, die auf offene Sandflächen angewiesen und im Pannonikum auf diesem Lebensraum verbreitet sind, nämlich der Kleinen Kreiselwespe *Bembecinus tridens* und der Fliegen-spießwespe *Oxybelus argentatus*, verwundert das relativ häufige Vorkommen in einem Bereich kühleren Großklimas. Dies gilt auch für das Vorkommen der Furchenbiene *Lasioglossum brevicorne* (EBMER 1988).

Als faunistische Besonderheiten müssen die monolektisch an der Sandrapunzel/*Jasione montana* sammelnde kleine Biene *Dufourea minuta* und die Sandbiene *Andrena nigriceps* angesehen werden (EBMER et al. 1994).

Eine weitere Sandbiene, *Andrena fuscipes*, nutzt monolektisch die auf aufgelassenen Abbaufächen entstehenden Besenheide-Bestände. Auch die Ruderalflora an den Grubenrändern beherbergt

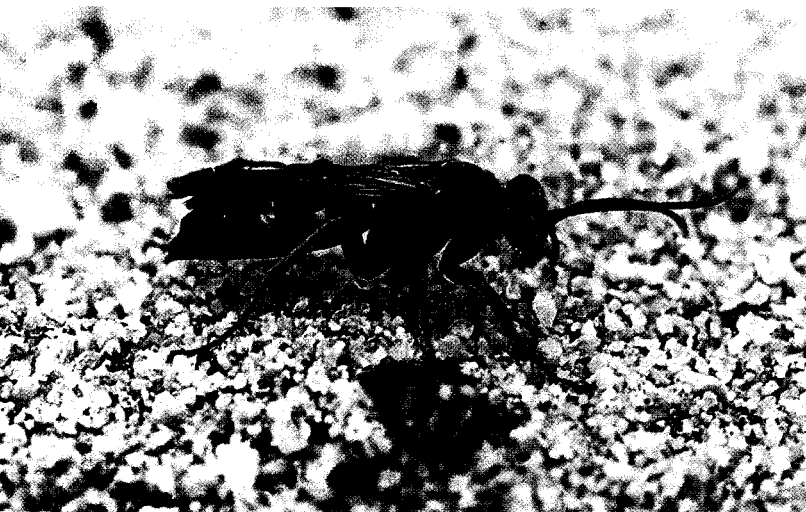
interessante Wildbienen-Arten: Die Seidenbienen *Colletes fodiens* und *Colletes similis* auf *Tanacetum*, die Harzbiene *Anthidium punctatum* auf Schmetterlingsblütlern.

Unter den Wirbeltieren ist das Vorkommen der Heidelerche bemerkenswert, die im Frühjahr am Rand der größeren Gruben singt.

Tertiäre Sande - Sandgruben im Raum von Melk (Niederösterreich)

Sandcharakteristik: Die Melker Sande sind marine Sedimente und wurden im Tertiär (Oberoligozän-Untermiozän, Egerium) abgelagert. Die analysierten Sedimente weisen ein Korngrößenmaximum im Fein- bis Mittelsandbereich auf, sind gut sortiert und reagieren schwach sauer bis schwach alkalisch (pH 6,9 bzw. 7,1). Die Charakteristik der Sedimente ist jedoch sehr uneinheitlich. In einigen Bereichen gibt es auch verfestigte Sande, die mäßig bis schwach sauer reagieren.

Wegwespe Episyrn rufipes



Die Komponenten der Melker Sande sind meist eckig bis kantengerundet. Aufgrund ihrer dichten Lagerung sind nicht-umgelagerte Sedimente als Nistplatz für Hymenopteren nur bedingt geeignet. Lockere Sande werden hingegen rege angenommen. Da die Sandablagerungen eine hohe Mächtigkeit aufweisen, finden sich in allen Sandgruben ausgedehnte Steilwände. Beim Abbau werden keine Grundwasserhorizonte angeschnitten.

Aufgrund der häufigen Umlagerung gelockerter Sande finden sich in der Grube nur wenige Sandspezialisten. Dazu zählen u. a. die weit verbreitete Sandbiene *Andrena barbilabris* und ihr Brutparasit *Nomada alboguttata*, die kleptoparasitische Grabwespe *Nysson niger* und die Wegwespe *Episyrn rufipes* - ein ausgesprochener Offensandbewohner.

Der auffallende Blütenreichtum der Grube (besonders Acker-Schöterich/*Erysimum cheiranthoides* und andere gelbblühende Kreuzblütler bilden große Bestände) zieht hingegen eine große Zahl Wildbienen an, die auch auf anderen Substraten nisten: *Lasioglossum nitidiusculum* in ungeheuren Mengen, *Osmia brevicornis*, *Andrena dorsata* und *Andrena flavipes*, vor allem aber die seltene und wunderschöne *Andrena agilissima*.

Sandbiene Andrena agilissima



Kaolinreiche Sande - Sandgrube in Weinzierl bei Schwertberg (Oberösterreich)

Sandcharakteristik: Die kaolinreichen Sande bei Weinzierl sind durch eine In-situ-Verwitterung des Ausgangsgesteins (Oberoligozän-Untermiozän, Egerium) entstanden. Sie weisen ein Korngrößenmaximum im Mittel- bis Grobsandbereich auf, sind schlecht sortiert und reagieren stark sauer (pH 4,8). Die Charakteristik der Sedimente ist in den Randbereichen der Sandgrube uneinheitlich, da die kaolinreichen Sande von Tonen (Pielacher Tegel) und den Linzer Sanden überlagert werden. In der Sandgrube bei Weinzierl gibt es ausgedehnte Pionierstandorte.

Auffallendster Bewohner dieser Grube ist die Furchenbiene *Halictus rubicundus*, eine Art, die keineswegs an Sandböden gebunden ist. Im Jahr 1993 schätzten wir rund 20.000 Nester auf den offenen Sanden der Grube, was die größte Aggregation darstellt, die uns bisher aus Österreich bekannt ist. Diese polylektischen Bienen stellen ein gewaltiges Bestäubungspotential für die weitere landwirtschaftlich genutzte Umgebung dar, zumal sie bereits im April zur Zeit der Obstbaumblüte zu fliegen beginnen und das Blütenangebot in der Grube selbst vernachlässigbar ist.

Sandgrube in Mistelbach



Ausgesprochene Sandspezialisten konnten wir nur wenige finden: die Furchenbienen *Lasioglossum sexstrigatum* (es gibt kleine Wasserflächen in der Grube) und *Halictus perkinsi* (Korngröße!), neu für Oberösterreich wurde 1993 die kleptoparasitische Grabwespe *Nysson niger* nachgewiesen.

Bemerkenswert auch das Vorkommen von *Osmia tridentata*, die wir hier ebenfalls für Oberösterreich neu fanden. Ihren Lebensraumsansprüchen kommt die Kombination von Brombeerranken und Hornklee auf einem bewachsenen Abraumhügel entgegen.

Tertiäre Sande - Sandgruben im Raum von Prambachkirchen (Oberösterreich)

Sandcharakteristik: Die marinen Linzer Sande entsprechen den Melker Sanden und wurden ebenfalls im Tertiär (Oberoligozän-Untermiozän, Egerium) abgelagert. Sie weisen ein Korngrößenmaximum im Grob- bis Mittelsandbereich auf, sind gut sortiert und reagieren schwach sauer. Über den Linzer Sanden liegen im Bereich Prambachkirchen marine Phosphoritsande (Untermiozän, Ottnangium), die meist deutlich gröber sind und sich durch ihre etwas dunklere Farbe abheben.

Sandgrube in Prambachkirchen



Ähnlich wie die Sande im Bereich von Melk sind die Sedimente dicht gelagert. Erst durch den Abbau verlieren sie ihre innere Bindung und eignen sich als Nistplatz für Hymenopteren. Da die Sandablagerungen auch hier eine hohe Mächtigkeit aufweisen, finden sich in allen Sandgruben ausgedehnte Steilwände. Beim Abbau werden keine Grundwasserhorizonte angeschnitten.

Auch in diesen Gruben wurden kaum Sandspezialisten gefunden. Lediglich die Grabwespe *Mimumesa atratina* kann als Bewohnerin unbewachsener Flächen in Sand- und Lehmgruben des atlantisch getönten Klimabereichs gelten. Als feuchtigkeitsliebende Wegwespen ohne eigentliche Bindung zu Sand, eher zu Lehm, fielen in größerer Zahl die Arten *Anoplius infuscatus* und *Anoplius concinnus* auf.

Tertiäre Sande - Sandgrube in Mistelbach (Niederösterreich)

Sandcharakteristik: Die Sedimente der Hollabrunner und Mistelbacher Schotterformation stammen von der Ur-Donau und wurden im Tertiär (Unterpannonium) abgelagert. Die Sandablagerungen weisen ein Korngrößenmaximum im Fein- bis Mittelsandbereich auf und reagieren alkalisch.

In dieser Grube werden derzeit nur gelegentlich Sand und Kies entnommen. Da die abbauwürdigen Ablagerungen eine hohe Mächtigkeit aufweisen, finden sich ausgedehnte Steilwände, in denen 1998 Bienenfresser nisteten. Beim Abbau werden keine Grundwasserhorizonte angeschnitten. Auffallend ist das geringe Blütenangebot innerhalb der Sandgrube.

Die häufigste Art dieser Grube ist die Grabwespe *Bembecinus tridens*, die auf vegetationsarmen Sandflächen ihre Nester anlegt. Als Nahrungsgrundlage nutzt sie vorwiegend Wilde Möhre/*Daucus carota*. Im Jahr 1998 besiedelten mehrere hundert Weibchen die Randbereiche der Sandgrube. Unseren Beobachtungen zufolge handelt es sich dabei um eines der größten Vorkommen dieser Art in Österreich.

Beobachtungen in weiteren Sandgruben

Die faunistische Bedeutung der Sandgruben konnte im vorherigen Abschnitt nur angerissen werden. Neben Stechimmen sind diese Gebiete auch für viele andere Tierarten von Bedeutung.

Unter den Vögeln etwa können wir über das ganze Bundesgebiet in größeren, offenen Sand-, Schotter- oder Lehmgruben mit oft nur kleinen Wasserpfützen den Flußregenpfeifer als Brutvogel finden. Im niederösterreichischen Marchfeld konnte der Triel als Nutzer großer Sand- und Schottergruben festgestellt werden (H. M. Berg mündliche Mitteilung). In Ostösterreich siedelt sich nicht selten der Bienenfresser in Sandgruben an. Besondere Bedeutung haben Sandgruben in tieferen Lagen auch für die Uferschwalbe, die besonders in Gewässernähe manchmal große Kolonien bildet.

Ganz oder teilweise aufgelassene Sandgruben können, besonders wenn sich wegen günstiger Feuchtigkeitsverhältnisse Weiden oder Zitterpappeln angesiedelt haben, für Schmetterlinge große Bedeutung gewinnen. Manche Kulturflüchtlinge

unter den Tagfaltern wie Trauermantel, Großer Fuchs, Großer Eisvogel oder Großer Schillerfalter sind in solchen Lebensräumen noch zu finden.

Die ökologische Bedeutung von Sandgruben wird durch "Rekultivierungsmaßnahmen" meist schlagartig zunichte gemacht. Wir konnten kein Beispiel dafür finden, daß sich solche Maßnahmen auf die Fauna positiv ausgewirkt hätten, dagegen viele Fälle, in denen stark negative Auswirkungen auf die Biodiversität zu verzeichnen sind.

7.1.3 Gefährdung

Sandgruben sind ein Produkt menschlicher Nutzung. Offene oder spärlich bewachsene Sandflächen sind hier eine temporäre Erscheinung, da die Sukzession rasch voranschreitet. Ein völliger Verzicht auf anthropogene Eingriffe würde die Bedeutung der Sandlebensräume ebenso herabsetzen wie ein besonders intensiver Abbau.

Während des Abbaues werden die Sandlebensräume durch die häufigen Sedimentumlagerungen beeinträchtigt. Dabei entstehen zwar immer neue Pionierstadien, doch nur einige Arten können ausweichen oder haben eine derartig kurze Generationsfolge, daß sie unter diesen Verhältnissen überleben können (vgl. Kap. 7.1.2). Liegt hingegen ein extensiver Sandabbau mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien vor, kann dieser Lebensraum aus naturschutzfachlicher Sicht sogar äußerst wertvoll sein.

Problematisch sind auch die gängigen Nachnutzungen von Abbaugebieten. Sie reichen von land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, Freizeit- und Badenutzung bis zur Verwendung als Deponiestandort. Das Ziel, offene Sandflächen zu erhalten oder wertvolle Sukzessionsstadien durch Pflege zu fördern, wurde bislang nur selten umgesetzt. Doch gerade Sandgruben, bei denen keine "Rekultivierung" vorgenommen wurde, könnten als Sonderstandorte die Kulturlandschaft bereichern.

Aufforstung wertvoller Pionierstandorte



Die Art der Nachnutzung wird bereits im Rahmen der Abbaubewilligung festgelegt (BergG § 96). Da nachträgliche Änderungen nicht oder nur schwer möglich sind, ist es besonders wichtig, daß naturschutzfachliche Ziele bereits bei der Bewilligung berücksichtigt werden. Die Möglichkeiten, attraktive Sandlebensräume zu erhalten, sind jedoch aufgrund der herrschenden rechtlichen Rahmenbedingungen stark eingeschränkt. Nach den Bestimmungen des Berggesetzes (§ 182) sind nach Beendigung des Abbaus "die Böschungen standsticher herzustellen" und "über dem zu erwartenden Grundwasserspiegel zu liegenden Plateauflächen und Bermen zu planieren". Dabei werden jedoch viele äußerst wertvolle Lebensräume wie Steilwände und vom Wind umgelagerte Sandhügel zerstört. Ähnliche Bestimmungen finden sich auch im Mineralrohstoffgesetz (MinroG §§ 114 und 159), das für die nach dem 1.1.1999 eingereichten Projekte maßgeblich ist.

7.1.4 Erhaltungsziele

Ein bedeutender Anteil der offenen Sandflächen Österreichs liegt in den Sandabbaugebieten. Sandgruben haben somit als Ersatzlebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten eine wichtige Bedeutung. Deshalb sollten die naturschutzfachlichen Aspekte während und nach dem Sandabbau berücksichtigt werden.

Während des Abbaus sollen innerhalb einer Sandgrube immer wieder größere Flächen ausgewiesen werden, die längere Zeit (3-4 Jahre) nicht oder nur selten umgelagert werden. Solche Bereiche eignen sich für viele gefährdete Sandarten als Nistplatz. Gibt es innerhalb einer Sandgrube immer ein stetiges, wenn auch räumlich variierendes Angebot an brachliegenden Sandflächen, so können die Insekten auf geeignete Stellen ausweichen. Um eine rasche Sukzession zu unterbinden, ist hier ein gezieltes Naturraummanagement anzustreben.

Angeichts der naturräumlichen Bedeutung von Sandgruben sollte nach Beendigung des Abbaus in bestimmten Fällen auf eine Nutzung verzichtet werden. Besiedeln beispielsweise schon während des Abbaus viele Sandarten die Abbauflächen, so wäre die Ausarbeitung bzw. Umsetzung eines naturschutzfachlichen Konzeptes anzustreben. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist die Entwicklung einer Sandgrube wesentlich abhängig von

- dem Naturraumpotential der näheren Umgebung,
- der Sandqualität (Chemismus, Korngröße),
- dem Klima (Temperatur, Niederschlag, Bildung von Kaltluftseen),
- der Wasserversorgung (Grundwasser, Hangwässer),
- dem Relief (Exposition, Hangneigung, Form des Abbaus) und
- der Nachnutzung (Naturschutz, Erholungsnutzung, Motorcross, keinräumige Entnahme, land- oder forstwirtschaftliche Nutzung, Deponie).

Allgemeine Empfehlungen, wie Sandgruben nach Abbauende aus naturschutzfachlicher Sicht gestaltet werden sollten, erscheinen nicht zweckmäßig.

Die naturräumlichen Zielvorstellungen hängen von den jeweiligen Gegebenheiten ab und unterscheiden sich von Gebiet zu Gebiet. Deshalb ist es zielführend, faunistische und vegetationsökologische Erhebungen vor Ort durchzuführen, bevor man sich für ein bestimmtes Leitbild für die weitere Entwicklung dieser Standorte festlegt. Auf dieser Grundlage lassen sich spezifische Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen ableiten.

Damit sich unterschiedliche Standortbedingungen ausbilden, sollte das Relief möglichst vielfältig sein. Vertikalaufschlüsse und steil geneigte Böschungen sind zu erhalten bzw. neu zu schaffen. In steil geneigten Wänden legen beispielsweise Uferschwalbe und Bienenfresser ihr Nest an. Damit diese nicht gesichert werden müssen, sind die angrenzenden Bereiche in die Gestaltung einzubeziehen. Auch größere Sandhügel tragen zu vielfältigeren Standortbedingungen bei.

Da Sandgruben vor allem für Pionierarten von Bedeutung sind, sollten die unterschiedlichen Lebensraumtypen bzw. Sukzessionsstadien durch gezielte Pflege gesichert werden. Wird der Oberboden in mehrjährigen Abständen bereichsweise abgetragen, so entstehen wieder Initialstadien. Um auf unerwünschte Entwicklungen reagieren zu

können, sollte ein begleitendes Monitoring durchgeführt werden.

7.1.5 Beispiele für einen erfolgreichen Natur- und Geotopschutz

Sandgrube in Plesching / Linz

Aufgrund ihrer naturräumlichen Bedeutung wurde die Pleschinger Sandgrube mit einer Fläche von etwa 8 ha im September 1998 zum Naturschutzgebiet erklärt. Da schon seit längerer Zeit kein Sand entnommen wird, gibt es nur mehr kleinräumig offene Sandflächen.

Die Ablagerungen (Linzer Sande und Phosphorit-sande, vgl. Sandgrube Prambachkirchen) geben einen Einblick in die Vergangenheit des Linzer Beckens und spiegeln die geologischen Prozesse an der Küste des Tertiärmeeres wider. Die Sandgrube zog bereits im letzten Jahrhundert viele Forscher an, die hier nach fossilen Austern, Haifischzähnen und Überresten von Seekühen, Korallen und Seeigeln suchten. Und auch heute graben Paläontologen und Hobbyforscher im Bereich der ehemaligen Austernbank. Diese Sandumlagerungen verhindern ein Zuwachsen der Grube und

Geotope: Einzigartige Fenster zur Erdgeschichte - ein geologischer Appell

Seit einigen Jahren existiert in der internationalen Fachwelt der Begriff des Geotops: "Geotope sind erdgeschichtliche Bildungen der unbelebten Natur, die Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Sie umfassen Aufschlüsse von Gesteinen, Böden, Mineralien und Fossilien, sowie einzelne Naturschöpfungen und natürliche Landschaftsteile (LOOK 1996)."

Schutzwürdig sind insbesondere jene Geotope, die sich durch ihre besondere erdgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit, Eigenart oder Schönheit auszeichnen. Sie sind

für Wissenschaft, Forschung und Lehre, sowie für Natur- und Heimatkunde von besonderem Interesse.

Geotope bilden wertvolle Fenster zum Verständnis der Milliarden Jahre alten Geschichte des Planeten. Eine Rekultivierung von Steinbrüchen, Sand- und Kiesgruben mag zwar gut gemeint sein, aber nicht immer auch positiv für den Fortbestand von Geotopen sein. Selbiges gilt für rücksichtslosen Abbau der geogenen Ressourcen. Auch die Verfüllung künstlich geschaffener Aufschlüsse wie Ton-, Sand- und Kiesgruben stellt eine Bedrohung für Geotope dar. Um diese wertvollen Spuren der Erdgeschichte auf für kommende Generationen zu erhalten, ist ein umfassender Geotopschutz notwendig.

Thomas Hofmann, Geologische Bundesanstalt

*Durch das Graben der
Fossiliensammler
entstehen wertvolle
Pionierstandorte,
Sandgrube Kühnring*

tragen dazu bei, daß kleinräumig wieder Pionierstadien entstehen.

Die Geschichte der Sandgrube spiegelt auch den Nutzungskonflikt zwischen forstwirtschaftlichen Interessen und Naturschutz wider. Anfang der 90er Jahre war geplant, die Sandgrube aufzuforsten. Dieses Vorhaben konnte jedoch aufgrund der großen faunistischen Bedeutung vegetationsarmer Bereiche in Sandgruben gerade noch rechtzeitig unterbunden werden.

Die Bedeutung dieser Sandgrube als Naherholungsgebiet hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Abseits der gestalteten Parkanlagen finden hier nicht nur Kinder und Jugendliche attraktive Freiräume zum Spielen, auch Erwachsene zieht diese "ungeordnete Wildnis" an. Da in den letzten Jahren nur selten Pflegemaßnahmen durchgeführt wurden, ist die Sukzession schon weit fortgeschritten und das Angebot offener Sandflächen beschränkt sich auf Grabungsstellen, Steilwände und Bereiche mit Hangrutschungen.

Damit das Angebot an Pionierflächen wieder steigt, soll die Sandgrube künftig nach naturschutzfachlichen Kriterien gepflegt und entwickelt werden (SCHWARZ, mündliche Mitteilung).

Sandgruben in Kühnring und Obernholz (Niederösterreich)

Auch in den Sandgruben von Kühnring und Obernholz wurde der Abbau schon seit geraumer Zeit eingestellt. Aufgrund ihrer paläontologischen Bedeutung wurden sie 1997 als touristische Attraktion entdeckt und als Erlebnispunkte des Kulturparkes Kamptal bekannt gemacht.

Die Ablagerungen in der Kühnringer Gemeinde-sandgrube geben Aufschluß über eine etwa 20 Millionen Jahre zurückliegende Zeit im Untermiozän (Eggenburgium), als dieser Bereich noch Teil einer seichten, mit Seegräsern bewachsenen Mee-



resbucht war. Auf einer relativ kleinen Fläche wurden hier sieben Skelette von Seekühen gefunden. Heute können noch Überreste verschiedenster Meeresorganismen wie Muscheln und Schnecken (Pilger-, Teller-, Venus-, Herzmuscheln, Austern, Turm-, Kreisel- und Raubschnecken) sowie See-pocken ausgegraben werden. Seltener sind in den Sedimenten Haifisch-, Rochen- und Brassenzähne eingeschlossen.

Die Sedimente der Sandgrube in Obernholz spiegeln ebenfalls eine weit zurückliegende Landschaftsgeschichte wider. Die ältesten Schichten wurden von einem Fluß vor etwa 30 Millionen Jahren abgelagert und bilden die Basis der Sandgrube. Darüber befinden sich die Sedimente des Eggenburger Meeres, das vor 20 Millionen Jahren diese Landschaft überflutet hat. In den Sanden finden sich Spuren verschiedener Muschel- und Schneckenarten. Die marinen Sedimente werden von Schotter begrenzt, den die Ur-Traisen oder die Ur-Donau abgelagert haben.

In den Sandgruben von Kühnring und Obernholz können geologisch interessierte Personen nach fossilen Überresten suchen. Durch die Grabetätigkeit und sporadische Sandentnahmen werden die Sande immer wieder umgelagert, und es entstehen kleinräumig wertvolle Pionierstandorte.

7.2 Flächenstillegungen im Bereich von Sandäckern

Betrachtet man die historische Entwicklung der Kulturlandschaft, so zeigt sich, daß stets kleinere oder größere Bereiche von der landwirtschaftlichen Nutzung ausgenommen wurden. Der Anlaß für diese Flächenstillegungen hat sich im Laufe der Zeit stark verändert. Stand in der weiter zurückliegenden Epoche die Erkenntnis im Vordergrund, daß sich brachliegende Äcker von ihrer Nutzung wieder erholen, so spielen heute volkswirtschaftliche Gesichtspunkte eine entscheidende Rolle.

Noch vor wenigen Jahrzehnten zielte die österreichische Landwirtschaftspolitik darauf ab, die Produktionsflächen auszuweiten. Mit steigenden Agrarüberschüssen setzte aber ein allmählicher Paradigmenwechsel ein, der seinen Niederschlag in speziellen Programmen zur Extensivierung der Nutzung fand. So wurden im Rahmen des "Ökologieflächenprogramms" 1987 erstmals Flächenstillegungen gefördert. Fünf Jahre später nahmen die Brachen in Österreich bereits einen Anteil von etwa 4 % an der Ackerfläche ein. 1995 erreichten die stillgelegten Flächen mit 8,8 % einen Höchststand und sanken in der Folgezeit wieder etwas ab.

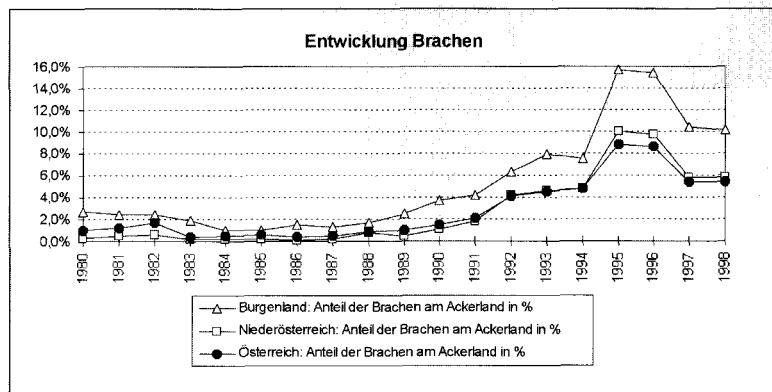
Betrachtet man die Situation in den Bundesländern mit Flugsanden, so zeigt sich folgendes Bild: Im Jahr 1995 lagen die Anteile stillgelegter Flächen in Burgenland mit 15,7 % deutlich und in Niederösterreich mit 10,0 % geringfügig über dem österreichischen Durchschnitt von 8,8 %. Dabei handelt es sich aber zum überwiegenden Teil um konjunkturelle Flächenstillegungen, deren Ausmaß von Jahr zu Jahr stark schwankt, da der Rahmen von der EU festgelegt wird. Mehrjährige Brachen nehmen hingegen nur einen geringen Anteil ein (vgl. Tab. 7.2 und Abb. 7.1).

In Niederösterreich waren Sandäcker von den Flächenstillegungen nicht überdurchschnittlich betroffen, wie man dies etwa aufgrund der geringen Bonität von Sandböden und deren hoher ökologischer Bedeutung vermuten könnte. So entsprach im Jahr 1995 der Anteil stillgelegter Flächen von Gemeinden mit hohem Flugsandanteil (z. B. Weiden an der March, Gänserndorf, Obersiebenbrunn, Untersiebenbrunn oder Weikendorf) etwa dem Durchschnittswert des Bezirkes Gänserndorf und des Bundeslandes. Im Nahbereich von Sanddünen wurden nur wenige Flächen stillgelegt. Anders ist die Situation im burgenländischen Seewinkelgebiet. Hier gibt es im Nahbereich des Seedammes viele kleinräumige Brachen, die vorwiegend aus geförderten Weingartenstillegungen resultieren. Da die Rodungen zum überwiegenden Teil schon längere Zeit zurückliegen und die Mindestdauer des Nutzungsverzichtes auf 6 Jahre festgelegt wurde, ist in nächster Zeit wieder mit einer Ausweitung der Rebflächen zu rechnen.

Jahr	Burgenland: Anteil der Brachen am Ackerland in %	Niederösterreich: Anteil der Brachen am Ackerland in %	Österreich: Anteil der Brachen am Ackerland in %
1980	2,7%	0,3%	1,0%
1981	2,4%	0,5%	1,2%
1982	2,4%	0,6%	1,7%
1983	1,9%	0,2%	0,4%
1984	1,0%	0,2%	0,5%
1985	1,0%	0,2%	0,6%
1986	1,5%	0,1%	0,4%
1987	1,3%	0,2%	0,5%
1988	1,7%	0,8%	0,9%
1989	2,5%	0,5%	1,0%
1990	3,7%	1,1%	1,5%
1991	4,2%	1,8%	2,1%
1992	6,3%	4,2%	4,1%
1993	7,9%	4,6%	4,5%
1994	7,5%	4,8%	4,8%
1995	15,7%	10,0%	8,8%
1996	15,4%	9,7%	8,6%
1997	10,4%	5,8%	5,4%
1998	10,1%	5,8%	5,4%

Tab. 7.2: Entwicklung der Flächenstillegungen in Österreich, Niederösterreich und Burgenland (Quelle: ÖSTAT)

Abb. 7.1: Entwicklung der Flächenstillegungen in Österreich, Niederösterreich und Burgenland (Quelle: ÖSTAT)



Wenngleich der ökonomische Hintergrund für diese Flächenstillegungen unübersehbar ist, so ist doch unbestritten, daß sich Brachen auf den Naturhaushalt positiv auswirken können. Diese Effekte ließen sich wesentlich verstärken, wenn bei der Planung und Pflege der Brachen ökologische Aspekte verstärkt einfließen würden.

Nach den Bestimmungen des ÖPUL (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft) sind unterschiedliche Formen von Brachen zu unterscheiden:

- Einjährige Brache (15.1. bis 31.8.)
- Einjährige Brache mit Herbstbegrünung (Herbst des Vorjahres bis 31.8.)
- Einjährige Rohstoffbrache
- Mehrjährige Rohstoffbrache
- Mehrjährige Brache (2 bis 5 Jahre) mit Einsaat
- Dauerbrache, 5 Jahre (individuelle Auflagen gemäß Schutzziel)
- Dauerbrache, 20 Jahre (individuelle Auflagen gemäß Schutzziel)

In den Sandgebieten könnten vor allem mehrjährige Brachen und Dauerbrachen zu einer Aufwertung der naturräumlichen Situation beitragen. Aber auch die im ÖPUL geregelte "Pflege ökologisch wertvoller Flächen" ("WF-Flächen") stellt ein wichtiges Instrument für den Naturschutz dar, da für die Entwicklung von Sandrasen und Sandtrockenrasen in der Regel eine extensive Nutzung erforderlich ist.

Die geförderten konjunkturellen Flächenstillegungen unterliegen Bestimmungen, die den Hand-

	Brachfläche - keine Beihilfe (ha)	Brachfläche - mit Beihilfe (ha)	Ackerfläche gesamt (ha)	Anteil der Brachen an Ackerland
Bezirk	409	9247	86918	11,1%
Gänserndorf				
Weiden a. d. M.	19	418	3824	11,4%
Obersiebenbrunn	1	241	2312	10,5%
Untersiebenbrunn	3	235	1690	14,1%
Weikendorf	5	334	3298	10,3%
Gänserndorf	23	239	2134	12,3%

lungsspielraum für ökologisch orientierte Pflegemaßnahmen teilweise einengen. So sind hier beispielsweise Nutzungen strikt untersagt.

Im ÖPUL 2000, welches den Rahmen für Flächenstillegungen ab dem Jahr 2000 (oder 2001) bilden wird, fließen einem Entwurf zufolge weitere ökologische Inhalte ein und ermöglichen eine flexiblere Handhabung (z. B. Einführung einer zehnjährigen Stillegung, Ausnahmen beim Nutzungsverbot).

Tab. 7.3: Anteil stillgelegter Flächen in ausgewählten Gemeinden der Flugsandzone Niederösterreichs für das Jahr 1995 (Quelle: ÖSTAT)

7.2.1 Standortcharakteristik

Die Vegetationsentwicklung einer Sandbrache hängt neben dem Diasporeneintrag v.a. von der Nährstoff- und Wasserversorgung ab. Auf nährstoffarmen, ungedüngten Standorten gedeihen oft Sandarten und viele selten gewordene Acker-"Unkräuter". Auf gedüngten Brachen hingegen entwickeln sich vorwiegend Ruderalpflanzen, die aufkommende Sand- und Pionierarten rasch verdrängen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß die Düngung von Sandböden ein umwelttoxikologisches Problem ersten Ranges darstellt, da die Nährstoffe größtenteils direkt in das Grundwasser gehen und für dessen hohe Nitratwerte mitverantwortlich sind.



Sandbrache in Weikendorf

Die Sedimente der untersuchten Flächen sind in der Regel feinsandig. Mittel- bis grobsandige Sandbrachen sind in unserer Kulturlandschaft hingegen nur äußerst selten zu finden. Dies liegt u. a. daran, daß sich solche Böden für eine nachhaltige Landbewirtschaftung nur bedingt eignen und deshalb zumeist aufgeforstet wurden.

Die vegetationsökologische Bedeutung stillgelegter Ackerflächen ist nicht mit der eines Trockenrasens oder eines Sandrasens vergleichbar, da auf den vielfach stark gedüngten Böden schon nach kurzer Zeit Arten der *Segetal-* und *Ruderalflora* einen hohen Anteil einnehmen. Zudem werden die Brachen nach Ablauf der Vertragsfrist wieder genutzt, so daß die darin vorkommenden Pflanzen über kurz oder lang verdrängt werden.

7.2.2 Faunistische Bedeutung

Die meisten Stechimmen sind empfindlich gegen Bodenbearbeitung und -veränderung. Deshalb gibt es in intensiv genutzten Agrargebieten nur wenige Arten von Wildbienen und Grabwespen, die hier zu existieren vermögen. Auch Gebiete, die im Zuge von agrarischen Operationen (Flurbereinigungen) größere Reliefveränderungen und damit Bodenabtragungen und Aufschüttungen erfahren haben, sind noch Jahre später auffallend



Gedüngter Sandboden beeinträchtigt Grundwasserqualität

arm an Wildbienen. Wohl aus diesem Grund führen kurzfristige Flächenstillegungen in weiten Teilen Österreichs meist nicht zu wesentlichen qualitativen Verbesserungen der Stechimmenfauna.

Völlig andere Verhältnisse finden wir jedoch bei Sandbrachen vor. Da an Sand angepasste Bienen gewöhnlich auch mit einer gewissen Bodendynamik zurechtkommen, bereichern diese Brachen die qualitative Zusammensetzung der Stechimmenvorkommen ganz wesentlich.

Die Bedeutung einer Sandbrache für die Stechimmenfauna hängt vom Vorhandensein nicht oder schütter bewachsener Flächen, der Art der Vegetation sowie von der Struktur der Umgebung ab. Die Korngröße der Brachensande liegt meist im Mittel- bis Feinsandbereich, da sich schon reine Mittelsande wegen ihrer geringen Wasserspeicherkapazität schlecht zur Anlage landwirtschaftlicher Kulturen eignen.

Folgende drei Gruppen von Stechimmen lassen sich auf Sandbrachen unterscheiden:

- Offensandarten, die entweder keine differenzierten Ansprüche an die Partikelgröße des Sandes stellen oder Böden mit hohem Feinsandanteil bevorzugen

- Wildbienen sandigen Kulturlandes, deren Vorkommen vom Vorhandensein bestimmter Blütenpflanzen abhängt

- Arten von Ruderalstandorten, die lockere, trockene Böden, wie Löß oder Sand für die Anlage ihrer Nester bevorzugen oder akzeptieren

Zur ersten Gruppe gehört z. B. die Wildbiene *Andrena barbilabris* mit ihren Brutparasiten *Nomada alboguttata* und *Sphecodes pellucidus* sowie die nahe verwandte *Andrena argentata*, Europas kleinste Biene *Nomioides minutissimus* sowie die Grabwespen *Bembecinus tridens*, *Dinetus pictus*, *Tachysphex helveticus*, einige *Oxybelus*-Arten und *Crabro peltarius*.

Auf einer fünfjährigen Sandbrache bei Weikendorf im niederösterreichischen Marchfeld wurden im Bereich einer fast vegetationsfreien ca. 50 x 10 Meter großen Fläche etwa 25 Arten von Stechimmen nistend festgestellt, darunter zusätzlich zu den oben erwähnten so seltene wie die Grabwespen *Miscophus niger* und *Nysson tridens*.

Liegen Brachen in der Nähe von Weidenbeständen, so werden sie auch von *Colletes cunicularius* und *Andrena vaga* zur Anlage ihrer Nester genutzt.

Auch Vertreter anderer Insektengruppen können diese temporären Habitate nutzen. Besonders auffallend sind sandbewohnende Vertreter der Raubfliegen (*Asilidae*), die aufgrund ihrer hohen Mobilität ebenfalls rasch solche neu entstandenen Habitate auffinden können.

Die zweite Gruppe umfaßt eine Reihe interessanter Spezialisten wie die Wildbienen *Andrena oralis* und *Andrena lagopus*. Beide Arten sind auf gelbe Kreuzblütler spezialisiert und deshalb als Rapsbestäuber interessant, da sie zur Blütezeit dieser Kulturpflanze fliegen. Rapsfelder in der Nähe geeigneter Sandniststätten werden oft von hunderten



Sandbiene
Andrena
combaella



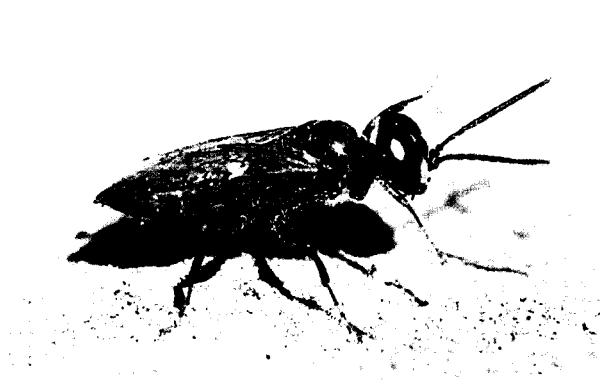
Furchenbiene
Halictus
sexcinctus



Grabwespe
Dinetus pictus



Grabwespe
Tachysphex
helveticus



Grabwespe
Astata sp.

Männchen dieser Arten abgeflogen, die auf der Suche nach Weibchen über die Blüten patrouillieren. Zu dieser zweiten Gruppe von Bienen gehören auch *Andrena combaella* (meist auf *Anthemis*) und *Halictus leucaheneus* (polylektisch).

Auffälligster Vertreter der dritten Gruppe ist die große schöne Furchenbiene *Halictus sexcinctus*. Fast stets können auch *Andrena pilipes* und *Andrena distinguenda* gefunden werden. Von den Grabwespen gehören *Astata minor* und *Astata ashmirensis* hierher.

7.2.3 Ziele für die Brachen

Schutz wertvoller Sandlebensräume

Brachen sollten vor allem im Umfeld ökologisch wertvoller Flächen ausgewiesen werden, da sie den Nährstoff- und Spritzmitteleintrag in die Kerngebiete vermindern. Insbesondere kleinere Sand-

rasenflächen, die durch die intensive Landnutzung besonders beeinträchtigt werden, können durch Flächenstillegungen geschützt werden. Bildet sich dabei ein reichhaltiges Blütenangebot aus, verbessert sich für viele Insektenarten die Nahrungsgrundlage wesentlich.

Freie Sukzession

Sandbrachen sollten nicht mit handelsüblichen Samenmischungen begrünt werden, sondern der freien Sukzession unterliegen. Auf diese Weise können sich je nach Wasserversorgung und Dynamik neben fortgeschrittenen Entwicklungsstadien auch Pionierstandorte über einen längeren Zeitraum erhalten. Für die Vegetationsentwicklung im Bereich einer Brache sind die Diasporenvorräte im Boden von großer Bedeutung. Untersuchungen von SAUTTER (1994) belegen, daß die im Sand eingeschlossenen Samen oft über viele Jahre keimfähig bleiben. Dieses Potential kann bei nährstoffarmen Böden wertvolle Initialstadien ausbilden.



Landwirtschaftliche Nutzung im Bereich einer Sanddüne

Beobachtung der Entwicklung

Derzeit gibt es nur wenige Erfahrungen, wie Sandbrachen zu pflegen sind, damit ihre naturschutzfachliche Bedeutung voll zum Tragen kommt. Aus diesem Grund sollten die Auswirkungen unterschiedlicher Pflegemaßnahmen in ausgewählten Flächen genau dokumentiert werden. Geht die Sukzession in eine unerwünschte Richtung, so können auf Grundlage dieser Erkenntnis entsprechende Pflegemaßnahmen wie Mahd, Schwendung oder Oberbodenabtrag durchgeführt werden. Zu den wesentlichen Kriterien für die faunistische Bedeutung stillgelegter Sandäcker zählen u. a. das Nahrungsangebot (Blütenangebot, jahreszeitliche Verteilung, Vorkommen bestimmter Pflanzenarten), das Ausmaß offener bzw. vegetationsarmer Standorte, die räumliche Verbindung zwischen Nistplatz und Nahrungspflanzen und das Vorkommen charakteristischer Sandarten in der Umgebung.

Pflegeprogramme

Damit sich das naturräumliche Potential innerhalb der Sandgebiete optimal entwickeln kann, ist es zweckmäßig, für ökologisch sensible Bereiche regional abgestimmte Pflegepläne zu erstellen. Den Rahmen für die Planung kann das ÖPUL 2000 bilden, das die Erstellung eines "naturschutzfachlichen Managementplanes" vorsieht. Durch dieses Instrumentarium können die naturschutzfachlichen Ziele besser mit den Interessen der Landwirte abgestimmt werden. Indem beispielsweise ökologisch wertvolle Bereiche für die Ausweisung von Brachen seitens des Naturschutzes vorgeschlagen werden, lassen sich die positiven Effekte von Flächenstillegungen verstärken. Auch spezifische Pflegemaßnahmen können in diesem Rahmen festgelegt werden. Um die Brachen in die gewünschte Richtung zu entwickeln, ist es fallweise notwendig, die Flächen zu mähen bzw. zu beweiden. Durch kleinräumigen Bodenabtrag können die Pionierflächen ausgeweitet werden.

Wiedereinstieg in die Nutzung

Um die Ausfälle am Ende der Laufzeit einer Flächenstillegung zu minimieren, sollten die Brachen schrittweise in Nutzung genommen werden. Wird beispielsweise im ersten Jahr ein Drittel, im zweiten Jahr ein weiteres Drittel und im dritten Jahr die Gesamtfläche wieder genutzt, ist ein Ausweichen der Tiere teilweise möglich, insbesondere dann, wenn in der näheren Umgebung wieder neue Flächen stillgelegt werden. Aus diesem Grund sollte für die Entwicklung von Brachen ein kleinerer Landschaftsraum betrachtet werden, in dem es gilt, stets ein gewisses Angebot an bestimmten Sukzessionsstadien zu haben.

7.3 Militärisch genutzte Sandgebiete

In militärisch genutzten Sandgebieten können sich äußerst wertvolle Lebensräume entwickeln. Die Bedeutung solcher Gebiete für den Naturschutz wurde bereits in mehreren Untersuchungen dargestellt (z. B. FARASIN & SCHRAMAYR et al. 1989). Im folgenden wird deshalb lediglich auf die kleinräumig ausgebildeten Sandlebensräume des Truppenübungsplatzes Großmittel näher eingegangen.

Der Truppenübungsplatz Großmittel liegt nördlich von Wiener Neustadt und ist Teil des sogenannten Steinfeldes. Die Landschaft wird hier von quartären Ablagerungen geprägt, welche die jungtertiären Sedimente bedecken (BRIX & PLÖCHINGER 1982). Während der letzten Zwischeneiszeit haben Piesting und (Ur)Schwarza großflächige Schotterfächer gebildet, die in der Würmeiszeit überformt wurden. Das Gebiet des Truppenübungsplatzes liegt im Bereich des Wöllersdorfer Schotter-

fächers, der von der Piesting abgelagert wurde. Diese Ablagerungen umfassen eine Gesamtfläche von etwa 80 km², ihre Mächtigkeit beträgt etwa 30 Meter. Die Sedimente stammen aus den Kalkalpen und setzen sich vorwiegend aus Kies und Sand zusammen. Auf dem mächtigen Schotterkörper entwickeln sich seichtgründige Rendsinen. Sandablagerungen sind nur kleinflächig ausgebildet (BRIX & PLÖCHINGER 1988).

7.3.1 Charakteristik der Standorte

Die hohe Wasserdurchlässigkeit des Schotterkörpers und die geringen Niederschläge sind im Bereich des Truppenübungsplatzes Großmittel Ursache für extrem trockene Standorte. Dazu kommen gravierende Einflüsse durch den militärischen Übungsbetrieb.

Indem die Vegetation und der Oberboden durch schwere Geländefahrzeuge zerstört und teilweise



Offene Sandflächen im Bereich des Truppenübungsplatzes Großmittel

abgetragen werden, entstehen ausgedehnte Pionierstandorte. Da die Intensität und die Dauer der mechanischen Störungen von Bereich zu Bereich sehr unterschiedlich sind, befinden sich neben vegetationsfreien Sand- und Kiesflächen auch reifere Standorte mit Trockenrasen. Aus den unterschiedlichen Sukzessionsstadien resultiert ein hohes Blütenangebot. Flächige Brände tragen dazu bei, daß sich die Schwarzföhren auf den Xerothermstandorten nicht weiter ausbreiten können.

Das Standortmosaik besteht u. a. aus ausgedehnten Pionierstandorten auf Sand und Kies, weitläufigen Trockenrasen und Trockenwiesen mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien, Sonderstandorten wie Kiesgruben und Bombentrichtern, abgebrannten Wiesen- und Waldflächen sowie größeren Schwarz-Föhren-Beständen. Aus dieser Lebensraumvielfalt resultiert hoher Blütenreichtum, der die Basis für eine artenreiche Insektenfauna bildet.

7.3.2 Fauna

Kleine Sandflächen, die stark schottrig durchsetzt sind, sind im Verlauf einiger Wege ausgebildet, die das Gebiet durchschneiden. Im Verhältnis zur Größe dieser sandigen Inseln hat sich dort eine überraschend artenreiche Sandfauna erhalten. Folgende Gründe mögen dafür verantwortlich sein:

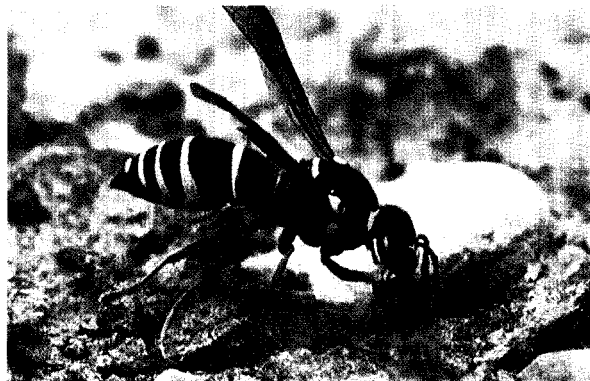
- Das Blütenangebot ist das ganze Jahr hindurch reichhaltig, auch in Monaten, in denen beispielsweise im Sanddünengebiet von Oberweiden nur ganz wenig Blüten zu finden sind.
- Das Gebiet stellt wohl die größte baumlose Ebene Österreichs außerhalb agrarisch genutzter Flächen dar. Sie ist als Trockenrasen ausgebildet. Für Offenlandarten, z. B. östliche Steppenbewohner, dürfte dies eine Attraktion darstellen.



Sandbiene
Andrena gallica



Dolchwespe
Scolia sexmaculata



Faltenwespe
Pseudepipona herrichi



Langhornbiene
Tetralonia fulvescens



Langhornbiene
Tetralonia dentata

Hosenbiene Dasipoda argentata



Grabwespe Lestica alata beim Eintragen von Kleinschmetterlingen



stellen. Das gelegentliche Auftauchen von Vogelarten mit derartigen Habitatansprüchen, z. B. des Adlerbussards, ist ein Hinweis auf diese Bedeutung.

- Das Kerngebiet ist wegen der bestehenden, breiten Pufferzone lokalen Immissionen von Umweltchemikalien (Pestizide, Herbizide, Düngemittel etc.) kaum ausgesetzt, so daß hier nur weiträumig verfrachtete Xenobiotika immitiert werden könnten. Für das Vorkommen von Arten, die gegenüber Umweltchemikalien empfindlich sind, weil sie nicht über geeignete Entgiftungsmöglichkeiten verfügen (Kulturflüchter!), könnte auch dies von Bedeutung sein.

Einige Wildbienen und Grabwespen, die noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts an verschiedenen Stellen Ostösterreichs gefunden werden konnten, kommen derzeit nur mehr in diesem Gebiet vor:

Die Sandbiene *Andrena gallica* z. B. war früher ein nicht seltener Bewohner der Oberweidner Sande. Sie fliegt in zwei Generationen, im April/Mai und Juli/August. Die Biene verschwand aus dem Oberweidner Sandsteppengebiet um die Mitte des 20.

Jahrhunderts. Trotzdem die Art polylektisch ist, ist wohl das derzeitige Blütenangebot in Oberweiden für die Frühjahrgeneration zu gering. Außerdem muß die Biene als ausgesprochener Kulturflüchter eingestuft werden. Im Zentrum des Truppenübungsplatzes Großmittel konnten wir eine größere Aggregation von ca. 70 Nestern entdecken, deren Inhaberinnen vornehmlich am Grauen Sonnenröschen/*Helianthemum canum* sammelten.

Auch die Furchenbiene *Lasioglossum setulellum* scheint ein Kulturflüchter zu sein. EBMER 1988 klassifiziert sie als eurasiatische Steppenart. Die wenigen bisherigen österreichischen Funde stammen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, und zwar wiederum von Oberweiden sowie dem Spitzerberg bei Prellenkirchen (Niederösterreich). Auch diese Art wurde im baumlosen Zentrum des Gebietes festgestellt.

An weiteren bemerkenswerten Sandarten wurden die Sand-Pelzbiene *Anthophora bimaculata*, die Dolchwespe *Scolia sexmaculata*, die Faltenwespe *Pseudepipona herrichi* sowie die Wegwespe *Cryptochilus fabricii* festgestellt. Von der Pelzbiene sind aus Niederösterreich zwei weitere Vorkom-

men bekannt, die beiden anderen Arten sind nur mehr an je einem weiteren Ort gefunden worden.

Erwähnenswert sind auch größere Populationen der Hosenbienen *Dasipoda argentata* und *Dasipoda hirtipes*, der Grabwespe *Lestica alata* sowie der Langhornbienen *Tetralonia dentata* und *Tetralonia fulvescens*.

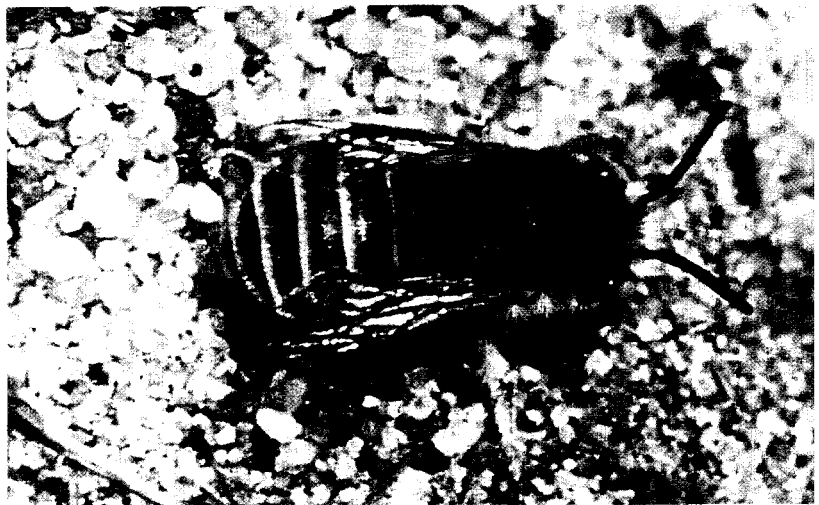
7.3.3 Gefährdung

Der Umstand, daß der Truppenübungsplatz Großmittel ein militärisches Sperrgebiet ist, hat vermutlich wesentlich zur Erhaltung dieses bemerkenswerten Lebensraumes beigetragen. Nach BUCHNER et al. (1979) handelt es sich dabei um einen der größten Trockenrasen Mitteleuropas. Vergleichbare Xerothermgebiete außerhalb des Truppenübungsplatzes sind heute größtenteils zerstört, da sie aufgeforstet wurden oder Siedlungen weichen mußten. Die traditionelle Form der Hutweidenutzung, die den Raum noch Anfang des Jahrhunderts prägte, wurde im Steinfeld längst aufgegeben.

7.3.4 Erhaltungsziele

Durch den militärischen Übungsbetrieb entstehen immer wieder neue Pionierstandorte, während die Sukzession andernorts voranschreitet. Aus der unterschiedlichen Art, Intensität und Dauer der Nutzung resultiert ein äußerst wertvolles Standortmosaik. Die artenreiche Wildbienen- und Wespenfauna zeigt, daß die militärische Nutzung in diesem Raum eine besonders effiziente Art der Pflege darstellt und in der derzeitigen Form durchaus mit den naturschutzfachlichen Zielen kompatibel ist.

Pelzbiene Anthophora bimaculata



8 Danksagung

Die Karte der Sandgebiete Österreichs hat Dr. Maria Heinrich angefertigt. Die Sedimentproben wurden von Dr. Reinhard Roetzel ausgewertet. Wertvolle Literaturhinweise haben wir von Pater Andreas Werner Ebmer, Dr. Hans Martin Berg und Dr. Albert Schedel erhalten. Dr. Hans Martin Berg, Mag. Georg Bieringer und Mag. Norbert Sauberer haben uns Material aus dem Truppenübungsplatz Großmittel überlassen. Das Manuskript oder einzelne Kapitel haben Dr. Reinhard Roetzel, Dr. Sabine Plenk, Dipl.-Ing. Wolfgang Suske, Dipl.-Ing. Maria Tiefenbach und Ing. Irene Oberleitner durchgesehen.

Ihnen allen danken wir herzlich.

9 Zusammenfassung

Natürliche oder naturnahe Sandlebensräume stellen in Österreich sowie im gesamten Raum der Europäischen Union, abseits der Meeresküsten, eine ausgesprochene Rarität dar. "Pannonische Sanddünen" genießen nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU als "prioritäre Lebensräume" einen besonderen Schutz. Österreich ist das einzige EU-Land, in dem dieser Lebensraumtyp vorkommt, und trägt damit eine besondere Verantwortung für den Erhalt dieser Lebensräume.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Bedeutung offener oder vegetationsarmer Sandlebensräume für Stechimmen (aculeate Hymenopteren) darzustellen. Untersucht wurden natürliche bzw. naturnahe Sandstandorte sowie anthropogen beeinflusste Sandgebiete wie Sandgruben, stillgelegte Sandäcker und militärisch genutzte Bereiche. Von dieser Basis ausgehend, lassen sich Pflegemaßnahmen zur Erhaltung der Sandlebensräume ableiten.

Größere Sandvorkommen gibt es in Österreich vor allem in Gebieten mit quartären und tertiären Ablagerungen. Zu den jüngsten Sedimenten zählen holozäne Sandablagerungen im Bereich der Fließgewässer. Etwas älter sind die äolischen (vom Wind transportierten) Sande im Osten Österreichs, wobei hier unterschiedliche Ausprägungen zu differenzieren sind. Postglaziale Flugsande finden sich im Bereich der Praterterrasse, dem Marchtal und am Ostufer des Neusiedler Sees. Pleistozäne Flugsande bedecken Teile der Gänserndorfer Terrasse und bilden stellenweise größere Dünenzüge. Die Sande nördlich von Gmünd wurden ebenfalls im Quartär abgelagert. Zu den tertiären Sanden, die heute wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung vielerorts abgebaut werden, zählen die Linzer und die Melker Sande, kaolinreiche Sande am Südrand der Böhmisches Masse, Sande im Horner Becken und in der Umge-

bung von Eggenburg und Retz, Sandablagerungen im Bereich der Hollabrunner und Mistelbacher Schotterformation und verschieden alte Sandhorizonte im Steirischen Becken und in seinen Randbuchten im Burgenland.

Ein natürlicher Sandstandort kann über längere Zeit vegetationsfrei bleiben, wenn das Sediment ständig umgelagert wird, die Wasserversorgung zu gering ist und extrem hohe Temperaturen oder gravierende chemische Störungen vorliegen. Da diese Bedingungen in Österreich nur kleinräumig gegeben sind, ist die natürliche Klimaxgesellschaft zumeist ein Wald. Ausnahmen bilden Standorte mit hoher Dynamik sowie Bereiche, in denen der Mensch eingreift.

Auf vegetationsfreien und -armen Sandflächen herrschen extreme Lebensraumbedingungen, da die Sandoberfläche rasch austrocknet und starken Temperaturschwankungen unterliegt. Viele xerotherme Tiere nutzen Sandböden für die Nestanlage und die Aufzucht der Nachkommen, da sie hier leicht graben können. Diese Arten sind zumeist Lebensraumspezialisten, die bei zunehmender Vegetationsbedeckung von weniger anspruchsvollen Spezies verdrängt werden. Die Besiedlung der Sandlebensräume hängt wesentlich vom Standortcharakter ab.

Rezente fluviatile Sande

Fluviatile Sandstandorte werden je nach Lage zum Fluß periodisch bis episodisch überflutet. Die Sandbänke im Gewässerumfeld weisen in der Regel weniger extreme Oberflächentemperaturen auf, da sie vom Temperatur- und Wasserhaushalt des Flusses beeinflusst werden. Als Nistplatz kommen vor allem Sandbänke, Anrisse und Steilufer in Frage, häufig überflutete Bereiche sind hingegen ungeeignet.

Fallweise überflutete Sandbänke werden nur von wenigen, hoch spezialisierten Bienenarten besie-

delt, die an die Dynamik des Lebensraumes angepaßt sind. Sie können während des Larvenstadiums Hochwässern und Sedimentumlagerungen standhalten. Die in Flußsand nistenden Arten fliegen meist zeitig im Frühjahr und sammeln auf Weiden.

Das Bild der Fließgewässer hat sich im letzten Jahrhundert gravierend geändert. Durch Regulierungsmaßnahmen wurde die Vielfalt der Flußbett- und Uferstrukturen drastisch eingeschränkt. Da das Flußbett eingeeignet wurde und Verlagerungen durch stabile Ufer unterbunden werden, sind unbewachsene Sand- und Kiesbänke vielfach verschwunden. Durch diese Maßnahmen sind die Bestände charakteristischer Auenpflanzen bundesweit stark zurückgegangen.

Äolische Sande

Die niederösterreichischen und burgenländischen Flugsandgebiete zählen zu den trockensten Standorten der österreichischen Kulturlandschaft. Dies liegt zum einen am pannonisch getönten Klima, zum anderen an der geringen Wasserkapazität des Sandes. Da der Wasserhaushalt schon nach kurzen Trockenperioden angespannt ist, gedeihen hier vorwiegend trockenheitsresistente Pflanzen, die auch an extreme Hitze, hohe Einstrahlung und Sandkornflug gut angepaßt sind. Im Gegensatz zu aktiven Wanderdünen, die infolge stetiger Umlagerungen nur einen geringen Anteil an organischer Substanz in der oberen Sedimentzone aufweisen, entwickelt sich der Boden stabiler Dünen weitgehend ungestört. Da die Bodenfruchtbarkeit und das Wasserspeichervermögen ansteigen, verlieren viele Spezialisten offener Sandröhren ihren Lebensraum.

Offene oder wenig bewachsene Sandflächen bieten ektothermen Tieren schon in geringer Bodentiefe ausgezeichnete Entwicklungsbedingungen, da hier im Gegensatz zur Oberfläche gleichförmige Temperaturen herrschen. Um die Qualität des San-

des als Brutschrank nutzen zu können, müssen die Tiere in der Lage sein, sich in den Sand zu graben, und, sofern sie tagaktiv sind, mit hohen Oberflächentemperaturen zurecht kommen.

Die Stechimmen der österreichischen Flugsandgebiete lassen sich nach ihrer Herkunft in zwei Gruppen gliedern: nördliche und mediterrane Spezies. Unter den Stechimmen bevorzugen die Arten mit nördlicherem Verbreitungsgebiet zumeist gröbere Sande. Unter ihnen befindet sich ein hoher Anteil an europaweit vom Aussterben bedrohten Arten. Bei den Spezies mit südlicherem Verbreitungsgebiet kann man wiederum zwei Gruppen unterscheiden. Solche, die auch im Süden auf Sand leben und deshalb zu den echten Sandarten zu rechnen sind. Da sie nicht auf andere Substrate ausweichen können, sind ihre Bestände ebenfalls gefährdet. Eine verhältnismäßig große Gruppe besiedelt im Mittelmeer aber auch andere Böden wie Löss und bevorzugt in Mitteleuropa Sandböden als "mediterrane Exklaven" wegen des günstigen Mikroklimas (regionale Stenözie). Diese Arten haben den Schwerpunkt ihres Vorkommens auf feinkörnigeren Sanden als die "echten" Sandarten.

Während der letzten Jahrzehnte ist die Ausdehnung von Pionierstandorten auf Flugsand stark zurückgegangen, da viele erosionsgefährdete Bereiche aufgeforstet wurden. Die verbleibenden Sandrasen sind heute infolge intensiver Landnutzung (Land- und Forstwirtschaft, Weinbau, Wegebau) stark gefährdet.

Als Refugien für psammicole Arten sind die Sandgebiete von Drösing und Oberweiden (Niederösterreich) sowie die Reste des Seedamms am Ostufer des Neusiedler Sees (Burgenland) von internationaler Bedeutung. Das Potential der übrigen Flugsandgebiete könnte bei entsprechender Pflege wesentlich aufgewertet werden. Mit der finanziellen Hilfestellung durch die EU werden derzeit in Niederösterreich im Rahmen eines LIFE NATUR Projektes (Laufzeit bis Ende 2001) umfang-

reiche Pflegemaßnahmen gesetzt, die der Erhaltung dieser einzigartigen Lebensräume dienen.

Fallbeispiel Sandgrube

Sandgruben können äußerst wertvolle Lebensräume darstellen, sofern sie nicht rekultiviert werden. Im Bereich einer Sandgrube treffen häufig verschiedene Lebensraumtypen aufeinander. Das Spektrum umfaßt Gewässer, häufig umgelagerte Sandflächen und auch charakteristische Xerothermstandorte wie Steilwände und Sandhügel. Die Standortqualitäten hängen wesentlich von der Charakteristik des Sandes, dem Klima, der Wasserversorgung, dem Relief und der Art des Abbaus ab. Häufige Sandumlagerungen tragen dazu bei, daß die Sukzession unterbrochen und auf das Ausgangsstadium zurückversetzt wird.

Sandgruben bieten für sandgebundene oder sandbevorzugende Stechimmen wertvolle Ersatzlebensräume. Darüber hinaus finden hier auch Arten der früheren Kulturlandschaft, die der intensiven Landbewirtschaftung nicht gewachsen sind, wertvolle Rückzugsflächen. Damit eine Sandgrube für Stechimmen attraktiv wird, müssen entsprechende Nistflächen und ein adäquates Nahrungs- und Futterangebot in der näheren Umgebung vorhanden sein. Einige der in den Sandgruben nistenden Bienenarten sind als Bestäuber landwirtschaftlicher Kulturen von großer Bedeutung.

Damit sich eine Art erfolgreich vermehren kann, dürfen die Nistflächen für die Dauer eines Generationszyklus (also meist für ein Jahr) nicht zerstört werden. Häufige Umlagerungen können sich auf die Populationsentwicklung negativ auswirken, weil die Nester immer wieder vernichtet werden.

Offene oder spärlich bewachsene Sandflächen sind in Sandgruben eine temporäre Erscheinung, da die Sukzession rasch voranschreitet. Um die wertvollen Sandlebensräume aufgelaassener

Abbaue zu erhalten, sind deshalb Pflegemaßnahmen notwendig.

Fallbeispiel Sandbrache

In den Sandgebieten können vor allem mehrjährige Brachen und Dauerbrachen zu einer wesentlichen Aufwertung der naturräumlichen Situation beitragen. Die Vegetationsentwicklung einer Sandbrache hängt neben dem Diasporeneintrag v.a. von der Nährstoff- und Wasserversorgung ab. Auf nährstoffarmen, ungedüngten Standorten gedeihen oft typische Sandpflanzen und viele selten gewordene Acker-"Unkräuter". Auf gedüngten Brachen hingegen entwickeln sich vorwiegend Ruderalpflanzen, die aufkommende Sand- und Pionierarten rasch verdrängen.

Sandbrachen bereichern die Stechimmenfauna intensiv genutzter Gebiete wesentlich. Die positiven Effekte von Flächenstillegungen stellen sich hier viel früher und nachhaltiger ein als bei vergleichbaren Brachen außerhalb der Sandzone. In den vegetationsarmen Bereichen nisten schon nach kurzer Zeit zahlreiche Spezies, darunter auch viele gefährdete. Neben Arten offener Sandflächen oder sandiger Ruderalstandorte finden sich hier auch mono- bzw. oligolektische Wildbienen (benötigen bestimmte Blütenpflanzen).

Diese Effekte von Sandbrachen ließen sich wesentlich verstärken, wenn bei Pflege und Entwicklung der Brachen ökologische Aspekte verstärkt einfließen würden. Für ökologisch sensible Sandgebiete sollten deshalb regional abgestimmte Pflegepläne erstellt und umgesetzt werden. Ziel für die Entwicklung der Brachen ist es, den Blütenreichtum im Umfeld der Sanddünen zu erhöhen und ausgedehnte Pionierstandorte bereitzustellen.

Fallbeispiel militärisch genutzte Sandgebiete

Die hohe Wasserdurchlässigkeit des Schotterkörpers und die geringen Niederschläge sind im

Bereich des Truppenübungsplatzes Großmühl (Niederösterreich) Ursache für extrem trockene Standorte. Durch den militärischen Übungsbetrieb entstehen immer wieder neue Pionierstandorte, während die Sukzession andernorts voranschreitet. Aus der unterschiedlichen Art, Intensität und Dauer der Nutzung resultiert ein äußerst wertvolles Standortmosaik.

Die kleinräumigen Sandflächen entlang der Wege beherbergen eine überraschend artenreiche Sandfauna, was aus dem hohen Blütenangebot, der Großräumigkeit des Gebietes und den ausgedehnten Pufferzonen zu landwirtschaftlich genutzten Bereichen resultiert. Einige Wildbienen und Grabwespen, die noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts an verschiedenen Stellen Ostösterreichs gefunden werden konnten, kommen derzeit nur mehr in diesem Gebiet vor, darunter sind viele Kulturflüchter, die in der intensiv genutzten Kulturlandschaft keine Lebensgrundlagen mehr finden.

Die artenreiche Wildbienen- und Wespenfauna zeigt, daß die militärische Nutzung in diesem Raum eine besonders effiziente Art der Pflege darstellt und in der derzeitigen Form durchaus mit den naturschutzfachlichen Zielen kompatibel ist.

Entwicklungsziele für Sandlebensräume

Offene oder spärlich bewachsene Sandstandorte sind Lebensraum für viele hoch spezialisierte Tier- und Pflanzenarten. Da solche Lebensräume in unserer Kulturlandschaft äußerst selten geworden sind, werden viele Charakterarten des bewegten Sandes in den Roten Listen geführt. Um den drohenden Artenschwund im Bereich der Sandlebensräume aufzuhalten, wird angestrebt,

- das Angebot offener Sandflächen zu erhöhen,
- kleinräumige Sedimentumlagerungen zu ermöglichen,

- besonders wertvolle Sandgebiete, die derzeit acker- oder waldbaulich genutzt werden, in Sandrasen umzuwandeln und entsprechend zu pflegen und
- den Nährstoffeintrag zu vermindern.

In den österreichischen Sandgegenden wurden mehrere Schutzgebiete (u. a. Naturschutzgebiet "Sandberge Oberweiden", "Wacholderheide Obersiebenbrunn", "Weikendorfer Remise", Bewahrungszone Sandeck-Hölle sowie verschiedene Sandgruben) ausgewiesen. Bei diesen Bereichen sind zur optimalen Entfaltung des naturräumlichen Potentials fallweise Pflegemaßnahmen wie Oberbodenabtrag, Mahd oder Beweidung notwendig. Um die gravierenden Verluste an Pionierstandorten auf Sand teilweise zu kompensieren, sollten auch in anthropogen geprägten Sandlebensräumen wie Sandgruben und Sandbrachen gezielte Managementmaßnahmen gesetzt werden.

10 Summary

Natural or near-natural sand habitats are comparatively rare in Austria and in the entire European Union apart from coastal areas. Pannonian sand dunes are listed as priority habitats according to the EU flora-fauna-habitat directive and therefore under special protection. Austria is the only country of the EU where this particular habitat type occurs and it is therefore a special responsibility of Austria to preserve these habitats.

The aim of this study is to demonstrate the importance of open sand habitats or sand habitats which are poor in vegetation for aculeate Hymenoptera. The study areas include natural and near-natural sand habitats as well as sand areas modified by man such as sandpits, fallow sand fields and military sites. On the basis of this study measures for the conservation of sand habitats can be proposed.

In Austria the majority of sandy soils tends to be in areas with Quarternary and Tertiary deposits. The youngest sediments include the Holocene sand deposits near running waters. The aeolian (wind-blown) sands in the East of Austria are slightly older and have to be differentiated as follows. Post-glacial shifting sands can be found in the area of the Prater terrace, in the March River Valley and on the eastern shore of the Neusiedler See. Pleistocene shifting sands cover parts of the Gänserndorfer terrace and form sometimes more extensive dune ranges. The sands north of Gmünd are also deposits of the Quaternary period. The Tertiary sands, which are nowadays mined in many places because of their economic importance, include the sands of Linz and Melk, the kaolin-rich sands on the southern edge of the Bohemian Massif, the sands in the Horn basin and in the surroundings of Eggenburg and Retz, the sand deposits of the Hollabrunn and Mistelbach gravel formations and various old sand horizons

in the Styrian basin and its adjacent bays in the Burgenland.

A natural sand habitat can remain without vegetation for an extended period of time if there is continuous shifting of sediment, a shortage of water supply, and under extremely high temperatures or if there are serious chemical perturbations. Since these conditions are restricted to a few small areas only in Austria, the natural climax community is usually a forest. Exceptions are highly dynamic habitats and areas where man intervenes.

The conditions prevailing in sand habitats devoid of or poor in vegetation are extreme since the sand surface dries quickly and is exposed to considerable fluctuations in temperature. Many xerothermic animals use sandy soils to build their nests and rear their young as it is easy for them to dig in the sand. Most of these species are specific to these particular habitats and they are superseded by other, less demanding species once the vegetation cover is thicker. The population of sand habitats depends mainly on the features of a particular area.

Recent fluviatile sands

Fluviatile sand habitats are flooded periodically or episodically, depending on their position with regard to the river. On sandy river banks surface temperatures are usually less extreme since they are influenced by the temperature and water regime of the river. Suitable nesting habitats are commonly found on sandy river banks, in spaces created by bank erosion and on steep river banks. Areas which are frequently flooded are not suitable.

Sand banks which are flooded occasionally are populated by only a few highly specialised bee species which have adapted to the dynamics of this particular habitat. They are able to withstand flooding and shifting of the sediment during the

larval stage. Species nesting in fluviatile sands usually fly early in the spring and collect on pastures.

Aspects and features of running waters have changed dramatically over the last 100 years. Measures such as channelisation have effectively limited the diversity of river bed and bank structures. Constricting river beds and undermining shifting by building stable river banks have led to the disappearance of bare sand and gravel banks in many places. As a result of such measures the bees characteristic of riverine areas have been dramatically reduced in numbers all over Austria.

Aeolian sands

The shifting sand areas in Lower Austria and the Burgenland are some of the driest areas of the Austrian cultivated landscape. This is due to the influence of the Pannonian climate on the one hand and to the low capacity of the sand to hold water on the other. Since the water supply is exhausted even after short dry periods, the plants thriving in these areas are mainly those resistant to aridity which have adapted to extreme heat, high radiation and windblown grains of sand. In contrast to migrating dunes where there are only small amounts of organic substance in the upper sediment zone as a result of continuous shifting, the soil of stabilised dunes is left to develop more or less freely. With the rising fertility of the soil and the rising capacity to store water many species characteristic of bare sandy grounds lose their habitats.

Open sand areas or sand areas with little growth provide excellent conditions for ectothermic animals to develop not too deep in the ground where temperatures are stable, which is not the case on the surface. To use the sand as an incubator, the animals must be able to dig themselves into the sand and tolerate high surface temperatures if they are active during the day.

The aculeate Hymenoptera of the Austrian shifting sand areas can be classified in two groups according to their origin: northern and Mediterranean species. The species in the northern distribution area usually prefer coarser sands. They include many species which are threatened with extinction all over Europe. The species in the southern distribution area can also be classified in two groups: those living in the sands of the south which can therefore be called true sand species. Since they cannot adapt to other substrates their existence is also threatened. The species of the other group, which is comparatively large, can also live in other soils in the Mediterranean such as loess although in Central Europe they prefer sandy soils as their "Mediterranean exclaves" because of the favourable micro-climate (regional stenoecia). Most of these species live in sands which are more finely grained than the sands which host the true sand species.

The past decades have seen a considerable decrease in the extent of pioneer habitats on shifting sand due to afforestation in many areas prone to erosion. The remaining sand grass areas are highly endangered as a result of the intensive use of the land (agriculture and forestry, viticulture, building of roads and paths).

The sand areas of Drösing and Oberweiden (Lower Austria) and the remains of the dam on the eastern bank of the lake Neusiedler See (Burgenland) are refuges of international importance. The potential of other shifting sand areas could be considerably improved by taking appropriate conservation measures. With the financial support of the EU extensive conservation measures designed to preserve these unique areas are being taken in Lower Austria under the LIFE NATURE project (running time until the end of 2001).

Case study: sandpit

Sandpits can be highly significant habitats provided they are not recultivated. Sandpits often

encompass different habitat types, ranging from water, areas where sand is frequently shifted to habitats characteristic of xerothermic animals such as steep walls and sandy hills. The qualities of the habitats depend essentially on the characteristic features of the sand, on the climate, water supply, the relief and on the way the sand is mined. One of the effects of the frequent shifting of sand is that succession is interrupted, which means the habitat regresses to the initial stages of its development.

Sandpits provide valuable substitute habitats for aculeate Hymenoptera dependent on or preferring sand. They are also valuable refuges for species used to land as it was cultivated in former times but unable to cope with the intensive use of land today. In order to attract aculeate Hymenoptera, sandpits must provide appropriate nesting habitat and an adequate supply of nutrition and food must be available nearby. Some of the bee species nesting in sandpits are of great importance for the pollination of agricultural crops.

If a species is to reproduce successfully, the nesting places must remain intact during the length of a generation cycle (usually one year). Frequent shifting may have negative consequences for the development of a population as nests are repeatedly destroyed.

Open sand areas or sand areas with little growth are temporary features in sandpits as succession progresses quickly. Conservation measures are necessary to preserve the valuable sand habitats of closed mines.

Case study: sand fallow

In sandy regions perennial or permanent fallows can help improve natural conditions considerably. The development of vegetation on sand fallows depends on the diaspore input and even more on the supply of nutrients and water. Typical sand

plants and many of the nowadays rare field "weeds" commonly grow in unfertilised soils poor in nutrients. Plants growing on fertilised fallows are usually ruderal plants which prevent sand and pioneer species from gaining ground.

Sand fallows help enhance the richness of the aculeate Hymenoptera fauna of intensively farmed land. The positive effects of setting land aside can be seen much sooner on sandy grounds, and they are much more sustainable than elsewhere. Numerous even endangered species soon settle in areas poor in vegetation. Apart from those species characteristic of open sand or ruderal sand areas, they also include monoleptic and oligolectic bees (dependent on certain flowering plants).

The positive effects of sand fallows could be enhanced further if ecological aspects were included in the conservation and development of fallows. For ecologically sensitive sand areas it would therefore be advisable to develop and implement conservation plans specifically designed to meet the needs of a particular region. The aim of developing sand fallows is to encourage more blossoming plants to grow in the surroundings of the sand dunes and to establish extensive pioneer habitats.

Case study: sand areas used for military purposes

The high permeability of the gravel and the infrequent rainfalls in the military training area of Großmittel (Lower Austria) are responsible for the extreme aridity of the area. Due to the military exercises pioneer habitats emerge again and again while succession is progressing elsewhere. As a result of the different ways of using the land and their varying intensity and duration a highly significant mosaic of habitats emerges.

The small individual sand areas along the paths host a surprisingly diverse sand fauna, which can

be attributed to the abundant supply of blossoming plants, the extensiveness of the area and the extensive buffer zones against farmed and cultivated land. Some bees and digger wasps which in the first half of this century could be found in several places in the east of Austria are now limited to this particular area only. There are also many animals which have escaped from the cultivated land which could not provide them with the necessities of life.

The diversity of the bee and wasp fauna shows that the military use of this area constitutes a particularly efficient way of preserving the natural conditions and that it is in its present form certainly compatible with the aims of nature conservation.

Aims of developing sand habitats

Open sand areas or sand areas with little growth are habitats of many highly specialised animal and plant species. Since such habitats have become extremely rare in our cultivated landscape, many of the characteristic species of shifting sands have been included in the Red Lists. To prevent the threatening loss of species in sand habitats the following aims have been formulated:

- Increase the extent of open sand areas,
- Enable shifting of sediment in small individual areas,
- Transform sand areas which are particularly significant and currently used as farmland or forests into sand grass areas and take appropriate care of them,
- Reduce nutrient input.

In the sandy regions of Austria several protected areas (such as the Sandberge Oberweiden nature conservation area, Wacholderheide Obersiebenbrunn, Weikendorfer Remise, the Sandeck-Hölle

conservation zone and several sandpits) have been designated. The conservation measures which are sometimes necessary to develop the full potential of the natural resource values of these areas include clearing away the surface layer of the soil, mowing or grazing. To make up for some of the serious losses of pioneer habitats on sand it would also be advisable to take specific measures for sand habitats modified by man such as sandpits and sand fallows.

- DOMANIA, R. (1914): Marchfeld-Aufforstungen. In: ROLLA, G. & R. DOMANIA (1914): Das Marchfeld und die Marchfelder Wohlfahrts-Aufforstungen. Seite 41-65. Wien.
- DREISIG, H. (1980): Daily activity, thermoregulation and water loss in the tiger beetle, *Cicindela hybrida*. *Oecologia* (Berlin) 44, 376-389.
- EBMER, A. W. (1988): Kritische Liste der nicht-parasitischen Halictidae Österreichs mit Berücksichtigung aller mitteleuropäischer Arten (Insecta: Hymenoptera: Apoidea: Halictidae). *Linzer biol. Beitr.* 20, 527-711.
- EBMER, A. W., F. GUSENLEITNER & J. GUSENLEITNER (1994): Hymenopterologische Notizen aus Österreich - 1 (Insecta: Hymenoptera aculeata). *Linzer biol. Beitr.* 26, 393-405.
- EBNER, R. (1915): Naturdenkmäler aus der Insektenwelt Niederösterreichs. *Blätter für Naturkunde und Naturschutz Niederösterreichs*. Seite 37-44, Jg. 2, Heft 4.
- ELLENBERG, H. (1982): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. Stuttgart.
- ENGELHARDT, W. (1973): Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. Teil III der Sediment-Petrologie. Stuttgart.
- EXNER, F. M. (1920): Zur Physik der Dünen. Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften. Band 129, Heft 9-10. Wien.
- FARASIN, K., G. SCHRAMAYR, A. KALTENBACH, F. TIEDEMANN, P. PROKOP, F. M. GRÜNWEIS & M. HAUSER (1989): Biotoperhebung Truppenübungsplatz Großmühl. Umweltbundesamt, Monographien, Band 10. Wien.
- FINK, J. (1955a): Böden, Zusammenfassung auf bodenkundlicher und quartärgeologischer Grundlage. Im Auftrag des Studienkomitees für künstliche Bewässerung des Marchfeldes (BMLF). Wien.
- FINK, J. (1955b): Das Marchfeld. In: Beiträge zur Pleistozänforschung. Exkursionen zwischen Salzach und March. Seite 82-115. Herausgeber: Geologische Bundesanstalt. Wien.
- FINK, J. (1955c): Das Marchfeld. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Sonderheft D, Seite 8-116. Wien.
- FINK, J. (1964): Die Böden Niederösterreichs. *Jahrbuch für Landeskunde von Niederösterreich*. Band 36, Seite 965-988.
- FRANZ, H. (1956) Zur Kenntnis der "Steppenböden" im pannonischen Klimagebiet Österreichs. *Die Bodenkultur*, Band 8, Seite 125-132.
- FRANZ, H. (1982): Die Hymenopteren des Nordostalpengebietes und seines Vorlandes. *Österr. Akad. Wiss.* Wien.
- FRASL, E. (1955): Schwermineraluntersuchungen an quartären Deckenschichten des Marchfeldes. In: Beiträge zur Pleistozänforschung. Exkursionen zwischen Salzach und March. Seite 116-122. Herausgeber: Geologische Bundesanstalt. Wien.
- FUCHS, U. (1968): Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Podersdorf. *Burgenländische Heimatblätter*, Jg. 30., Heft 1/2, 32-47.
- GOMES, N., C. ANDRADE & C. ROMARIZ (1992): Sand transport in the Troia-Sines Arc, southwest Portugal. In: "Coastal Dunes" (R.W.G. Carter, T.G.F. Curtis & M.J. Sheehy-Skeffington eds.), pp. 33-42, Balkema, Rotterdam.
- GRILL, R. (1968): Erläuterungen zur geologischen Karte des niederösterreichischen Weinviertels und zu Blatt Gänserndorf. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- GROSSMANN, W. & M. HEILIG (1994): Änderung der Flächenwirtschaft im Eichenverbreitungsgebiet. Unveröffentlichte Studie.
- GUSENLEITNER F. (1984): Faunistische und morphologische Angaben zu bemerkenswerten *Andrena*-Arten aus Österreich (Insecta: Hymenoptera: Apoidea: Andrenidae). *Linzer biol. Beitr.* 16, 211-276.
- GUSENLEITNER, J. (1996): Hymenopterologische Notizen aus Österreich - 4 (Insecta: Hymenoptera aculeata). *Linzer biol. Beitr.* 28, 5-13.
- HANDKE, K. (1992): Die Bedeutung von unterschiedlich gepflegten Grünlandbrachen für die Fauna (Oberstetten/Taubergerbiet). *Faun. und flor. Mitt. "Taubergrund"* 10, 1992: 3-63.
- HANSSEN, U. (1993): Bindung blütensuchender Insekten an Trockenbiotope in Kiesgruben. *Faun.-ökol. Mitt. Suppl.* 15, 9-37.
- HARTMANN, F. (1941): Die Flugsandböden des Marchfeldes aus forstwirtschaftlicher Sicht. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, Jahrgang 67, Heft 10, Seite 197-206.
- HASSLER, M. (1997): Spargel, Steppe und Sandrasen: Das Naturschutzgebiet "Frankreich" und die Naturkunde der Waghäusler Gemarkung. *Ubstadt-Weiher*.
- HAVINGA, A.J. (1990): Eine palynologische Untersuchung zur holozänen Vegetationsabfolge im Tschernosemgebiet Ostösterreichs. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 127, Seite 83-94.
- HAYEK, A. (1916): Die Pflanzendecke Österreich-Ungarns. Leipzig und Wien.
- HEINRICH, M. (1995): Bundesweite Übersicht zum Forschungsstand der Massenrohstoffe Kies, Kiessand, Brechprodukte und Bruchsteine für das Bauwesen hinsichtlich Vorkommen, der Abbaubetriebe und der Produktion sowie des Verbrauches. Zusammenfassung. *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, Heft 31. Wien.
- HEINRICH, M. (1999): Gebiete mit Sandvorkommen in Österreich, zusammengestellt nach geologischen Karten und unpublizierten Unterlagen aus dem Archiv der Geologischen Bundesanstalt. Nicht dargestellt sind Lagen und Linsen von Sanden in Schotter- und Kieskörpern, Sande in rezenten Seen (z.B. Rheindelta im Bodensee) und Flußbetten sowie im Au- und Überflutungsbereich der Flüsse und Bäche.
- HEYDEMANN, B. W. HOFMANN & U. IRMLER (1993): Bedeutung sekundärer Trockenbiotope für den Naturschutz. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen*, Supplement 15. Kiel.
- HOLZMANN, G. (1959): Verstädterung des Marchfeldes. Eine siedlungs- und sozialgeographische Untersuchung. Wien.
- HOLZNER, W. et al. (1986): Österreichischer Trockenrasen-

Katalog. Grüne Reihe des BM für Gesundheit und Umweltschutz, Band 6. Wien

HOMAYOUN, M. (1997): Sedimentpetrographische und geochemische Bearbeitung von Sedimentproben. Mit Beiträgen von HEINRICH, M., P. KLEIN, R. ROETZEL & P. LIPIARSKY. Unveröffentlichte Untersuchung, Geologische Bundesanstalt, Wien.

HUSZ, G. (1965): Zur Kenntnis der quartären Sedimente des Seewinkelgebietes. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Heft 32, 147-205. Eisenstadt.

JEDICKE, E. (Hrsg.) (1997): Die Roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern. Stuttgart.

JENNINGS, J & H. HAGEDORN (1983): Dunes: Continental and Coastal. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 45. Berlin und Stuttgart.

KARRER, G. (1984): Gutachten Gerichtsberg, im Auftrag der Naturschutzabteilung des Amtes der NÖ Landesregierung, nicht veröffentlicht.

KARRER, G. (1989): Gutachten Schönfelder Wacholderheide, im Auftrag der Naturschutzabteilung des Amtes der NÖ Landesregierung, nicht veröffentlicht.

KASY, F. (1957): Die Sandsteppe bei Oberweiden im Marchfeld - ein schutzbedürftiges Refugium östlicher Steppenarten in der Nähe Wiens. Natur und Land, Jg. 43, Heft 5, Seite 61-64.

KAUSEK, A. (1941) Die Wohlfahrtsaufforstungen zum Schutz gegen Flugerde im Wiener Becken und auf dem Steinfeld. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Jahrgang 67, Heft 10, Seite 206-212.

KEIBLINGER, I. F. (1869): Geschichte des Benedictiner-Stiftes Melk in Niederösterreich, seiner Besitzungen und Umgebungen. Wien.

KERNER, A. (1865a): Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck.

KERNER, A. (1865b): Die Aufforstungen des Flugsandes im ungarischen Tieflande. Österreichische Monatsschrift für Forstwesen. Jg. 1865, Band 15, Heft 1, Seite 3-22 und Heft 2, Seite 81-101.

KIENESBERGER, J. (1884): Exkursionsführer. Mitteilungen des Niederösterreichischen Forstvereins. Seite 283-297. Jg. 1884.

KLINGE, A. (1993): Einfluß der Flächenstillegungen ehemaliger Sandäcker auf die Arthropodenfauna in verschiedenen Sukzessionsstadien von der Brache zum Sandtrockenrasen. Faun.-ökol. Mitt. Suppl. 15, 39-63.

KNAPP, R. (1944): Über steppenartige Trockenrasen im Marchfeld und am Neusiedler See. Manuskript vervielfältigt, Halle an der Saale.

KOENIG, O. (1961): Das Buch vom Neusiedler See. Wien.

KRAFT, J. (1932): Ein Versuch zur Bekämpfung des Flugsandes im Marchfeld (um 1770). Unsere Heimat, Jg. 32, Seite 79-93.

KRAL, F. (1992): Die postglaziale Entwicklung der natürlichen

Vegetation Mitteleuropas und ihre Beeinflussung durch den Menschen. In: Die Störungen der ökologischen Ordnung in den Kulturlandschaften. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Veröffentlichung der Kommission für Humanökologie 3. Seite 7-36. Wien.

KRIPPEL, E. (1954): Die Pflanzengesellschaften auf Flugsandböden des slowakischen Teiles des Marchfeldes. In: Festschrift für Erwin Aichinger, Band 1. Sonderfolge der Schriftenreihe angewandte Pflanzensoziologie. Seite 635-645. Wien.

KÜHNELT, W. (1943): Die Leitformenmethode in der Ökologie der Landtiere. Biol. gen. 17, 106-146.

KUNTZE, H., G. ROESCHMANN & G. SCHWERDTFEGER (1994): Bodenkunde. Stuttgart.

KÜSTER, H. (1995): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. München.

LANCASTER, N. (1995): Geomorphology of Dessert Dunes. London and New York.

LEIST, N. (1994): Zur Spinnenfauna zweier Binnendünen um Sandhausen bei Heidelberg (Arachnida: Araneae). Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 80, 283-324. Karlsruhe.

LEMBERG, E. (1884): Bericht über das Marchfeld. Mitteilungen des Niederösterreichischen Forstvereins. Seite 241-281. Jg. 1884.

LITZBARSKI, H., W. JASCHKE & A. SCHÖPS (1993): Zur ökologischen Wertigkeit von Ackerbrachen. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Heft 1, 1993, 26-30.

LIVINGSTONE, I. & A. WARREN (1996): Aeolian Geomorphologie. Essex.

LÖFFLER, H. (1982): Der Seewinkel. Die fast verlorene Landschaft. St. Pölten.

LOOK, E.-R. [Red.] (1996): Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland. Leitfaden der Geologischen Dienste der Länder der Bundesrepublik Deutschland. - Angewandte Landschaftsökologie, 9: 105 S., Bonn-Bad Godesberg.

LÜTKEPOHL, M. (1993): Maßnahmen zur Pflege von Heidelebensräumen in Nordwestdeutschland. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Heft 4, 1993: 15-18.

MACHURA, H. (1970): Flora - Fauna - Naturschutz. In: SCHILDER, O. (1970): Der politische Bezirk Gänserndorf in Wort und Bild. Seite 89-127. Gänserndorf.

MACHURA, L. (1954): Erdsturm in Niederösterreich. Natur und Land. Österreichischer Naturschutzbund. Jg. 40, Seite 167-168.

MARIKOVSKAJA, T. P. (1968): (New Data on the Biology of some species of colonial bees (Hymenoptera, Megachilidae) from the south-east Kazakhstan). Rev. Ent. URSS XLVII, 796-805.

MAYERHOFER, M. (1872): Versuche zur Bekämpfung des Flugsandes im Marchfeld. Blätter des Vereines für Landeskunde von Niederösterreich. Wien.

MUCINA, L. & J. KOLBEK (1993a): Festuco-Brometea. In:

Forstvereins. Heft 10, Seite 1-31.

WESTRICH, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs II. Verl. Eugen Ulmer. Stuttgart.

WEYRICH, E. (1924): Der politische Bezirk Floridsdorf-Umgebung. Wien.

WIESBAUER, H. & K. MAZZUCCO (1997): Dünen in Niederösterreich. Ökologie und Kulturgeschichte eines bemerkenswerten Landschaftselementes. Fachberichte des NÖ Landschaftsfonds Nr. 6/97. St. Pölten.

WIESENEDER, H. (1930): Studien an den Sanden des niederösterreichischen Marchfeldes. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 40, Seite 303-324.

WILHELMY, H. (1990): Geomorphologie in Stichworten. Unterägeri.

WITSCH, R. (1809): Praktischer Vorschlag: wie das auf den Reichstage 1807 zu Ofen im zwanzigsten Artikel sanktionierte Gesetz, betreffend die Urbarmachung des Flugsandes in Ungarn auf die leichteste Art realisiert werden könnte. Ofen.

WOHANKA, E., K. STÜRZENBECHER, R. BLAUENSTEINER, F. JÄGER (1993): Forstrecht mit Kommentar. Wien.

WOLDSTEDT, P. (1929): Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quartärs. Band 1-2. Stuttgart.

WOLDSTEDT, P. (1954): Das Eiszeitalter. Grundlage einer Geologie des Diluviums. Stuttgart.

WRS (1997): Vergleich der Gewässermorphologie von 1817 und dem derzeitigen Zustand. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach, Grundlagen zum gewässerökologischen Leitbild. Unveröffentlicht.

YEO, P. F. & S. A. CORBET (1983): Solitary wasps. Cambridge Univ. Press Cambridge-London-New York.

ZOLYOMI, B. (1952): Entwicklungsgeschichte der Pflanzendecke Ungarns seit der letzten Eiszeitperiode. MTA.Biol. Oszt. Közl. I, Nr. 4, Seite 492-543.

ZUKRIGL, K. (1979): Schriftliche Stellungnahme über die Wacholderweide Obersiebenbrunn an die Naturschutzabteilung des Amtes der NÖ Landesregierung, nicht veröffentlicht.

Verzeichnis der abgebildeten Hymenopteren

Ammophila terminata Drösing/96, Seite 22

Andrena agillissima, Melk/97, Seite 40

Andrena argentata, Drösing/97, Seite 21

Andrena chrysopus, Illmitz/98, Seite 27

Andrena combaella, Ollersdorf/98, Seite 49

Andrena gallica, Großmittel/99, Seite 53

Andrena nasuta, Hadersdorf/98, Seite 27

Andrena nigriceps, Gmünd/97, Seite 38

Andrena ventralis, Schönau/99, Seite 15

Anoplius viaticus pagana, Drösing/97, Seite 21

Anthidium punctatum, Gmünd/99, Seite 38

Anthophora bimaculata, Drösing/96, Seite 55

Astata sp., Oberweiden/97, Seite 49

Bembecinus hungaricus, Drösing/96, Seite 22 und 36

Bembecinus tridens, Oberweiden/97, S. 24 und Gmünd/99, S. 38

Bembix rostrata, Illmitz/97, Seite 21 und Illmitz/99, Seite 28

Bembix tarsata, Lassee/96, Seite 25

Cerceris somatrensis, Fülöpháza/97, Seite 25

Coelioxys brevis, Illmitz/99, Seite 27

Colletes cunicularius, Wösendorf/99, Seite 15

Colletes fodiens, Gmünd/97, Seite 38

Colletes hylaeiformis, Illmitz/98, Seite 28

Colpa interrupta, Fülöpháza/98, Seite 25

Cryptocheilus fabricii, Oberweiden/97, Seite 24

Dasipoda argentata, Großmittel/99, Seite 53

Dasypoda hirtipes, Illmitz/99, Seite 37

Dinetus pictus, Weikendorf/96, Seite 49

Epeolus variegatus, Gmünd/99, Seite 38

Episyron rufipes, Illmitz/99, Seite 28 und 40

Halictus sexcinctus, Weikendorf/96, Seite 49

Harpactus elegans, Drösing/96, Seite 22

Lestica alata, Großmittel/99, Seite 53

Megachile leachella, Illmitz/99, Seite 27

Nomioides minutissimus, Weikendorf/96, Seite 23

Nomioides variegatus, Weikendorf/97, Seite 23

Oxybelus argentatus, Drösing/97, Seite 38

Parnopes grandior, Illmitz/99, Seite 28

Philanthus venustus, Fülöpháza/97, Seite 25

Podalonia luffi, Fülöpháza/96, Seite 21

Pompilus cinereus, Gmünd/97, Seite 38

Prionyx kirbii, Drösing/96, Seite 22

Pseudepipona herrichi, Großmittel/99, Seite 53

Pterocheilus phaleratus, Drösing/96, Seite 21

Scolia sexmaculata, Drösing/96, Seite 53

Smicromyrme rufipes, Gmünd/97, Seite 38

Sphex rufocinctus, Weikendorf/96, Seite 22

Tachysphex helveticus, Drösing/99, Seite 49

Tachysphex pompiliformis, Gmünd/97, Seite 38

Tetralonia dentata, Großmittel/99, Seite 53

Tetralonia fulvescens, Großmittel/99, Seite 53

Tetralonia macroglossa, Zwingendorf/99, Seite 37