© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

umweltbundesamt

Salzlebensräume in Österreich

SALINEN AUSTRIA
WWW.SALINEN.COM

Wien 2006

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Redaktion/Projektleitung
Irene Oberleitner
Georg Wolfram (Donabaum & Wolfram. Technisches Büro für Ökologie, Wien)
Astrid Achatz-Blab (Passau/D)

Autorinnen/Autoren
Georg Wolfram, Klaus Peter Zulka, Roland Albert, Jiři Danihelka, Erich Eder, Wolfgang Fröhlich, Thomas Holzer, Werner E. Holzinger, Hans-Jürgen Huber, Ingo Korner, Alois Lang, Karl Mazzucco, Norbert Milasowszky, Irene Oberleitner, Wolfgang Rabitsch, Norbert Sauberer, Michael Schagerl, Birgit C. Schlick-Steiner, Florian M. Steiner, Karl-Heinz Steiner

Lektorat
Maria Deweis

Satz/Layout
Manuela Kaitna

Kartenerstellung
Gabriele Sonderegger
Georg Wolfram (Donabaum & Wolfram. Technisches Büro für Ökologie, Wien)
© BEV – 2005, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, EB 2005/00539

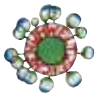
Umschlag
Foto: Sonnenuntergang am Albersee (Seewinkel/Burgenland), Georg Wolfram
Gestaltung: Manuela Kaitna

Mit freundlicher Unterstützung von
SALINEN AUSTRIA AG, www.salinen.com
Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung Naturschutz
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Naturschutz

Impressum
Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich
www.umweltbundesamt.at

Druck: Janetschek, A-3860 Heidenreichstein
Gedruckt auf Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2006
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-800-8
REP-0001



Gedruckt nach den Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens „Schadstoffarme Druckerzeugnisse“
Ing. Christian Janetschek • UWNr. 637

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Inhalt

Vorwörter
Salzlebensräume in Österreich? 7
Salzlebensräume schützen 9
Ohne Salz kein Leben! 11

1 Bedeutung und Vorkommen von Salzlebensräumen 13
1.1 Einleitung 13
1.2 Geographische Verbreitung von Salzstandorten 14
1.3 Vorkommen und Entstehung von Salzstandorten in Österreich 15
1.3.1 Ein erster Überblick 15
1.3.2 Zur Genese der heimischen Salzstandorte 16
1.3.3 Salzböden – Typologie, Struktur und Chemismus 18
1.4 Das Neusiedler See-Gebiet und der Seewinkel 20
1.5 Die Gegend um Zwingendorf im nördlichen Weinviertel 22
1.6 Salzstandorte bei Baumgarten an der March 23
1.7 Die Ziegelteiche des Wiener Beckens 24
1.8 Salzkammergut und andere Salzabbaugebiete 25
Eine archäologische Sensation: Die älteste Holzstiege Europas 26

2 „Lackensalz" als Rohstoff für Menschen – die Sodafabriken von Illmitz 27

3 Bindung von Pflanzen und Tieren an Salzstandorte 29
3.1 Liebe in Abstufungen 29
3.2 Topographisch-statistische Klassifizierung 30
3.3 Klassifikation nach Salinität 31
3.4 Klassifikation nach dem Grad der Anpassung 31
3.5 Schlussfolgerungen 33

4 Physiologische Anpassungen von Pflanzen und Tieren an Salzstandorte 35
4.1 Terrestrische Pflanzen 35
4.1.1 Einleitung 35
4.1.2 Zur allgemeinen Rolle von mineralischen Ionen im Pflanzenleben: stoffwechselphysiologische und osmotische Bedeutung 35
4.1.3 Die Pflanzenzelle als osmotisches System 37
4.1.4 Die Aufnahme von Wasser und Nährstoffionen ist untrennbar miteinander verbunden 37
4.1.5 Die drei Wirkungsebenen bei überhöhtem Salzangebot 38
4.1.6 Anpassungsstrategien 40
4.1.7 Nachbemerkung 45
4.2 Algen und submerse Wasserpflanzen 46
4.2.1 Einleitung 46
4.2.2 Salz-Akklimatisierung von Algen 47
4.2.3 Salz-Akklimatisierung von submersen Gefäßmakrophyten 50

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.3 Aquatische Wirbellose 51
4.3.1 Von Salzwasser umgeben 51
4.3.2 Meeresbewohner in Binnensalzgewässern? 52
4.3.3 Süßwassertiere haben´s auch nicht leicht 53
4.3.4 Binnensalzgewässer verlangen den Wasserbewohnern Meisterleistungen ab 53
4.3.5 Wenn alle Stricke reißen, heißt es „untertauchen" 54
4.3.6 Die Unvorhersagbarkeit der Umweltbedingungen 55
4.3.7 Salz ist nicht alles 55
4.4 Terrestrische Wirbellose 56
4.4.1 Wasser um (fast) jeden Preis 56
4.4.2 Wasser alleine ist zu wenig 56

5 Hydrologie und Chemismus der Salzgewässer 59
5.1 Hydrologie und Lackenwasserhaushalt im Seewinkel 59
5.1.1 Einleitung 59
5.1.2 Lackenentwicklungen 59
5.1.3 Schwankungen im Wasserhaushalt 61
5.1.4 Wasserbilanzen 63
5.1.5 Geohydrologische Modelle des Lackenwasserhaushalts 65
5.1.6 Lange Lacke und Wörtenlacken 66
5.2 Der Chemismus der Salzgewässer 71
5.2.1 Einleitung 71
5.2.2 Seewinkel 71
5.2.3 Neusiedler See 75
5.2.4 Zwingendorf 76
5.2.5 Baumgarten an der March 76
5.2.6 Ziegelteiche im Süden von Wien 76

6 Die Lebensgemeinschaften der Salzlacken 77
6.1 Salzgewässer – unerwartete Vielfalt an Lebensräumen 77
6.2 Die Pflanzenwelt der Salzgewässer 78
6.2.1 Mikro- und Makrophyten in den Lacken des Seewinkels 78
6.2.2 Blaualgen (Cyanoprokaryota) 79
6.2.3 Kieselalgen 79
6.2.4 Weitere Algengruppen 86
6.2.5 Mikrophyten in Lacken der Zwingendorfer Glaubersalzböden 87
6.2.6 Ziegelteiche im Süden von Wien 87
6.3 Die Tierwelt der Salzgewässer 88
6.3.1 Rädertiere und Kleinkrebse im Freiwasser 88
6.3.2 Urzeitkrebse 92
6.3.3 Von Würmern und Schnecken 98
6.3.4 Gliederfüßer im Schlamm und Pflanzenaufwuchs 99
6.3.5 Das Leben in Salzseen – eine Vielfalt mit Einschränkungen 106

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7 Die terrestrische Vegetation 109
7.1 Einleitung 109
7.2 Die Pflanzenwelt rund um den Neusiedler See 109
7.3 Salzstandorte im nördlichen Weinviertel um Zwingendorf 117
7.4 Ein Blick über die Grenze – Tschechische Salzstandorte und ihre Vegetation 119
7.5 Salzvegetation bei Baumgarten an der March 121

8 Die semiterrestrische und terrestrische Wirbellosenfauna der heimischen Salzlebensräume 123
8.1 Tausendfüßler und Asseln 123
8.1.1 Einleitung 123
8.1.2 Asseln und Tausendfüßler der Seewinkel-Salzlacken 123
8.2 Spinnen 127
8.2.1 Zur Habitatwahl von Spinnen 127
8.2.2 Salzspinnen in Europa 127
8.2.3 Salzspinnen in Österreich 128
8.3 Heuschrecken und Fangschrecken 130
8.4 Terrestrische Wanzen 135
8.4.1 Einleitung 135
8.4.2 Seewinkel 135
8.4.3 Pulkau und March 138
8.4.4 Wiener Becken 139
8.5 Zikaden 140
8.5.1 Einleitung 140
8.5.2 „Salzzikaden“? 140
8.5.3 Zikaden an Schilf, ... 141
8.5.4 ... an Salzschwaden 142
8.5.5 ... und auf anderen Halophyten 142
8.6 Ameisen 143
8.7 Bienen und Wespen 146
8.7.1 Einleitung 146
8.7.2 Ökologische Ansprüche 146
8.7.3 Halophilie von Stachelhautflüglern 147
8.7.4 Halophile Bienen und Wespen in Ostösterreich 147
8.7.5 Bienen, die monolektisch auf halophilen (halotoleranten) Pflanzen sammeln 152
8.7.6 Zusammenfassende „Bewertung“ der österreichischen Salzstandorte: Seewinkel im Vergleich zu Zwingendorf und Baumgarten an der March 152
8.8 Laufkäfer 153
8.8.1 Einleitung 153
8.8.2 Die Akteure 154
8.8.3 Die Szenerie: Salzlebensräume und ihre Laufkäfergesellschaften 162
8.8.4 Die Käfer der Salzstellen von Baumgarten und Zwingendorf 165
8.8.5 Blick über die Grenzen 166

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9 Gefährdung und Schutz der Salzlebensräume 169
9.1 Zerstörung, Degradation, Fragmentation: Es wird eng für salzbewohnende Organismen 169
9.1.1 Lebensraum-Zerstörung 169
9.1.2 Lebensraum-Degradation 170
9.1.3 Lebensraum-Fragmentation 171
9.2 Von Hutweidewirtschaft zum Schilfsumpf und zurück: Der Seewinkel 171
9.2.1 Lackensterben 171
9.2.2 Hutweide 173
9.2.3 Hydrologie 174
9.2.4 Beweidungsprogramm 176
9.3 Rückweg verbaut? Baumgarten an der March 178
9.4 Entwässerungen, geringe Gesamtflächengröße, isolierte Lage, Artenverluste: Zwingendorf im Pulkautal 182
9.4.1 Verbrachung, Eutrophierung, Ruderalisierung 183
9.4.2 Gegenwärtige Situation 183
9.5 Die südmährischen Salzstandorte: Ein Nachruf 185
9.6 Wege zu einem Managementkonzept 186
9.6.1 Schritt 1: Diagnose 186
9.6.2 Schritt 2: Mit Fokus-Arten Prioritäten setzen: Erhalt von Spezialisten oder Maximierung der Artenvielfalt? 187
9.6.3 Schritt 3: Therapie – Weidetiere, Rasenmäher und die Frage der Dosis 188
9.6.4 Schritt 4: Regelmäßige Kontrolluntersuchungen 190
9.6.5 Empfehlungen 191
9.6.6 Fazit 194

10 Naturschutzrechtliche Grundlagen 195
10.1 Einleitung 195
10.2 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 196
10.3 Burgenländisches Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz 198
10.4 Nationalparkgesetz Neusiedler See – Seewinkel 199
10.5 Niederösterreichisches Naturschutzgesetz 200

11 Literatur 201

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Vorwort

Salzlebensräume in Österreich?

Dass Strandwiesen und Salzgewässer an Küsten vorkommen, steht außer Frage. Aber Salzlebensräume in Österreich, Hunderte Kilometer vom Meer entfernt?

Das größte Vorkommen liegt im Burgenland – die Salzlacken und Salzsteppen des Seewinkels östlich des Neusiedler Sees. Salzwiesen und Salztümpel kann man aber auch in Niederösterreich entdecken, u. a. bei Zwingendorf.

Aquatische und terrestrische Salzstandorte zeichnen sich durch seltene Pflanzen- und Tierarten aus, die gelernt haben, mit den unbequemen, stark schwankenden Lebensraumbedingungen umzugehen: Salzlebensräume werden aufgeheizt, dann wieder überstaut, sie trocknen aus, verkrusten mit Salz, süßen aus, wachsen zu und werden wieder aufgerissen. Die Arten scheinen auf den ersten Blick wenig spektakulär, viele davon stehen allerdings auf den Roten Listen. Gemeinsam mit ihren Lebensräumen, die zerstört, degradiert oder fragmentiert werden, verschwindet eine Art nach der anderen.

Für das Umweltbundesamt ist es ein wichtiges Anliegen, das Interesse für diesen einzigartigen Lebensraumtyp zu wecken. Das vorliegende Buch gibt Einblicke in die faszinierenden Lebensgemeinschaften der Salzlacken, Salzsumpfwiesen und Salzsteppen. Das vorhandene Wissen über österreichische Salzstandorte wurde von den Autoren des Buches „Salzlebensräume in Österreich“ gewissenhaft zusammengetragen. Sie zeigen die Naturschutzprobleme österreichischer Salzstandorte auf und berichten über bisher erfolgte Schutzbemühungen.

Im Zentrum des Naturschutzes steht die Natur: Die Bewahrung der Arten- und Lebensraumvielfalt ist dann nachhaltig erfolgreich, wenn Maßnahmen behutsam und gezielt gesetzt und ihre Auswirkungen beobachtet werden. Im Besonderen gilt das auch für alle bisherigen und zukünftigen Naturschutzaktivitäten in Österreichs Salzlebensräumen.

Karl Kienzl
Stv. Geschäftsführer Umweltbundesamt

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Vorwort

Salzlebensräume schützen

Das Neusieder See-Gebiet und der Seewinkel werden durch keinen Lebensraumtyp stärker geprägt als durch Salzlebensräume. Der See ist durch seinen Salzgehalt und seine für Salzseen typischen Uferzonen selbst der größte geschlossene Salzlebensraum Österreichs. Auch der in östlicher Richtung an den See anschließende Seewinkel wird durch eine Vielzahl von kleineren Flachwasserseen, den „Lacken", bestimmt, die ebenso durch aufsteigendes Salz aus tieferen Bodenschichten beeinflusst werden, wie dazwischen liegende Salzwiesen und Salzsteppen. Das „Salz" hat nicht nur dem Landschaftsbild seinen Stempel aufgedrückt, auch die Tier- und Pflanzenwelt entspricht diesem bestimmenden Umweltfaktor mit einer Vielzahl von angepassten Arten, die einen wesentlichen Beitrag zur Artenvielfalt in den Region leisten. Es sind die Salzlebensräume, die zur internationalen Anerkennung dieses Feuchtgebietes beigetragen und letztlich den Ausschlag für die Errichtung des „Nationalparks Neusiedler See – Seewinkel" gegeben haben.

Bereits 1936 wurden von der burgenländischen Landesregierung mehrere Salzlacken im Seewinkel zu „Banngebieten" erklärt und im größeren Umfang Anfang der 60er Jahre als „Vollnaturschutzgebiet" ausgewiesen. Umfassenden Gebietsschutz erhalten sämtliche Salzlebensräume im Burgenland durch die Natur- und Landschaftsschutzverordnung „Neusiedler See und Umgebung" im Jahre 1980. Den 1992 geschaffenen Nationalpark „Neusiedler See – Seewinkel" mit eingeschlossen wird das rund 50.600 ha große Natur- und Landschaftsschutzgebiet 1995 als Natura 2000-Gebiet nominiert. Pflege- und Managementmaßnahmen auf Salzwiesen und -weiden erfolgen seit der Gründung des Nationalparks auf sämtlichen geschützten Flächen im Seewinkel sowie im östlichen und seit 1995 auch im westlichen Vorgelände des Neusiedler Sees. Aktuelle Schutzbestrebungen des Landes verfolgen – abgesehen vom strengen Schutz intakter Lebensräume – insbesondere die Renaturierung einstiger, durch Melioration veränderter Salzlacken. Wasserhaushalt und Salzgehalt im Boden werden nunmehr, von eingehenden Untersuchungen begleitet, in den ursprünglichen Zustand rückgeführt, um die natürlichen Voraussetzungen eines Salzgewässers und deren Lebensgemeinschaften wieder herzustellen.

Begründet im seltenen Vorkommen zählt die Erhaltung der Salzlebensräume zu den vorrangigsten Naturschutzaufgaben des Burgenlandes. Die Verantwortung für diese Lebensräume hat die verantwortlichen Stellen zur Errichtung eines umfassenden Schutzgebietssystems geführt, das in langjähriger Zusammenarbeit mit den Interessensgruppen aufgebaut werden konnte. Dieser Weg, im Konsens mit den Betroffenen nach Lösungen für Schutzbestimmungen und nachhaltige Nutzungsformen zu suchen, wird auch zukünftig konsequent von mir weiter verfolgt werden.

Niki Berlakovich
Landesrat Burgenland

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Vorwort

Ohne Salz kein Leben!

Die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels – und somit des Lebens – ist mit der Aufnahme von Salzen unabdingbar verbunden. Salz spielte daher schon im Altertum eine herausragende Rolle. Es diente als Zahlungsmittel und der Salzhandel war nicht nur ein erheblicher Machtfaktor, er wirkte sich auch völkerverbindend aus. Auch in der antiken Medizin und im religiösen Brauchtum findet man die besondere Stellung von Salz.

Salz begegnet uns in vielfältiger Weise. Von Urlauben am Meer kennen wir Salzgewinnungsanlagen. Das Salzkammergut mit seinem historischen Salzabbau ist vielen vom Schulunterricht geläufig und die Salzlacken im Neusiedlersee-Gebiet kennt man spätestens seit der Errichtung des Nationalparks.

Dass es auch in NÖ Salzlebensräume gibt, verwundert aber viele. Der NÖ Naturschutz hat dank engagierter Fachleute schon früh durch die Ausweisung von Schutzgebieten Schritte gesetzt, um derartige seltene Lebensräume zu sichern. Ihr punktuelles Vorkommen, ihre Kleinflächigkeit und die hoch spezialisierte Fauna und Flora zeichnen solche Sonderstandorte aus. Für ihre langfristige Erhaltung sind besondere Managementmaßnahmen zu treffen. Auch dazu liefert dieses Buch interessante Hinweise und Anregungen.

Emil Schabl
Landesrat Niederösterreich

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

1 Bedeutung und Vorkommen von Salzlebensräumen

von Georg Wolfram

1.1 Einleitung

Salzwüsten – Salzwiesen – Salzlacken

Salzstandorte wecken Assoziationen mit Salzwüsten oder Salzwiesen am Meeresstrand, mit den salzverkrusteten Ufern des ostanatolischen Vansees oder der endlosen Weite der vom Salz weiß gefärbten Etoschapfanne in Namibia.

Salzstandorte in Österreich? Es gibt sie – freilich nicht so imposant wie die genannten Beispiele, doch im Kleinen nicht minder spektakulär. Sie liegen inselartig verstreut im Osten Österreichs, lediglich im Seewinkel östlich des Neusiedler Sees finden wir ein größeres, zusammenhängendes Gebiet. Die äußere Ähnlichkeit mit Salzstandorten am Meeresstrand täuscht; trotz mancher Parallelen handelt es sich bei den österreichischen Vorkommen um eigenständige Binnen-Salzstandorte, die sich in chemischer Hinsicht ebenso wie in ihrer Flora und Fauna von den maritim beeinflussten Ökosystemen unterscheiden.

Die österreichischen Salzstandorte sind die westlichsten Ausläufer eines breiten Gürtels, der sich von Österreich über Ungarn und Rumänien bis Zentralasien hinzieht. Gerade zwischen den zentralasiatischen Trockengebieten und dem Salzlackengebiet im Seewinkel besteht, wie in dieser Studie aufgezeigt wird, eine eigentümliche Wesensverwandtschaft, angesichts derer die eingangs formulierten Assoziationen durchaus berechtigt erscheinen.

Seltene Extrembiotope …

Was macht die Salzstandorte Österreichs so besonders, dass ihnen mit dieser Studie eine eigene Publikation gewidmet wird? Es sind Lebensräume, die durch eine enge räumliche Verflechtung von trockenen bis nassen Flecken mit mehr oder weniger Salzgehalt charakterisiert sind. Gerade dieses Mosaik von Habitaten mit unterschiedlichen, oft extremen Umweltbedingungen hat zur Etablierung einer einzigartigen Flora und Fauna geführt. Viele Bewohner von Salzlebensräumen sind Spezialisten und wahre Überlebenskünstler im Umgang mit hohen Salzkonzentrationen und anderen widrigen Milieufaktoren. Salzstandorte sind häufig durch eine geringe Artenvielfalt gekennzeichnet, was sie zu begehrten wissenschaftlichen Untersuchungsobjekten macht. Denn angesichts einer überschaubaren Artenzahl sind die vielfältigen und komplizierten Beziehungen zwischen den Organismen mitunter leichter begreifbar. Andererseits faszinieren den Naturforscher auch die oft raffinierten Anpassungsmechanismen der Pflanzen und Tiere an eine Umwelt, die durch ein hohes Maß an Instabilität, durch Extreme und starke zeitliche Schwankungen der Milieufaktoren charakterisiert ist.

Man könnte meinen, dass Pflanzen, die auf Salzstandorten gedeihen, und Tiere, die sie bevölkern, so robust und anpassungsfähig sind, dass sie auch in „normalen" Lebensräumen in großer Zahl vorkommen. Das trifft für einige Arten durchaus zu, andere hingegen trifft man ausschließlich auf „salzigem" Boden oder in Salzseen an. Sie sind mitunter auf diese Biotope beschränkt, weil sie im Kampf gegen Konkurrenten um Raum, Nahrung oder Licht auf „normalen" Standorten zu schwach sind. Es sind oft die Arten so selten wie die Salzstandorte selbst, viele stehen auf den Roten Listen gefährdeter Tier- und

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Pflanzenarten ganz oben. In Europa und Österreich kommt hinzu, dass die Salzlebensräume im Lauf der vergangenen 100-150 Jahre einen dramatischen Rückgang erlitten haben und heute vielfach nur auf kleinräumige, isolierte Vorkommen beschränkt sind. Eine Reihe von Tier- und Pflanzenarten hat diese Entwicklung nicht überlebt und ist lokal oder regional ausgestorben.

... mit hohem Schutzbedarf!

Naturschützer haben diese Problematik und auch die Bedeutung der Salzlebensräume spät erkannt. Heute formen internationale Abkommen und Richtlinien einen rechtlichen Rahmen zum Schutz der verbliebenen Salzlebensräume. So führt beispielsweise die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21.05.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen) im Anhang I explizit „Pannonische Salzsteppen und Salzwiesen" unter den prioritären natürlichen Lebensraumtypen an, für deren Erhaltung der Gemeinschaft eine besondere Verantwortung zukommt.

Auf nationaler Ebene leisten Schutzgebiete einen wichtigen Beitrag. Dabei kann es jedoch nicht um eine Konservierung des Status Quo gehen. Gerade aufgrund ihrer Kleinräumigkeit und Fragmentierung brauchen Salzstandorte gegenwärtig unsere aktive Unterstützung. Ein gezieltes, fachlich fundiertes Management ist notwendig, um die negative Entwicklung zu stoppen und umzukehren. Übereilte und noch so gut gemeinte, aber wissenschaftlich nicht fundierte „Hilfsmaßnahmen" können oft mehr Schaden anrichten, als wenn man das zu schützende Gebiet sich selbst überließe. Der Aufruf zur verstärkten Erforschung der österreichischen Salzstandorte gilt sowohl den für das Management Verantwortlichen als auch der Wissenschaft, welche die Salzlebensräume Österreichs oft stiefmütterlich behandelte.

DICK et al. (1994) präsentierten eine exzellente Zusammenstellung des vorhandenen Wissens rund um die Vogelwelt des Seewinkels, des größten österreichischen Gebietes mit Salzlebensräumen. Die vorliegende Studie holt dies für die Vegetation und die Kleinlebewelt nach. Das verstreute Wissen zu sammeln und in kompakter Weise anschaulich darzustellen, ist das erklärte Ziel dieser Arbeit. Darüber hinaus werden Ideen und Ansätze für ein Management entwickelt, das nicht nur auf die großen und spektakulären Tiere achtet, sondern auch Rücksicht nimmt auf die Fauna der Wirbellosen, zu Lande und zu Wasser. Vielleicht gelingt es, unter Naturliebhabern und -beobachtern auch für das Leben unter der Lupe noch mehr Interesse zu wecken. Das Schaffen eines Bewusstseins um den Wert der Salzlebensräume in ihrer ganzen Vielfalt – vom Wimpertierchen bis zum Säbelschnäbler – ist vielleicht das wichtigste Vorhaben dieser Studie. Und damit auch ein kleiner Beitrag zum Schutz der österreichischen Salzlebensräume.

1.2 Geographische Verbreitung von Salzstandorten

Salzstandorte lassen sich in zwei große Gruppen gliedern. Die erste umfasst Strandwiesen und Salzgewässer im Küstenbereich. In chemischer Hinsicht, also hinsichtlich ihrer Salzzusammensetzung, gleichen diese Standorte weitgehend maritimen Lebensräumen. In Abhängigkeit von Niederschlägen bzw. dem Zustrom von Süßwasser bilden sich häufig Brackwassersysteme oder terrestrische Salzstandorte mit geringerem Salzgehalt aus. Je nach Entfernung zum Meer sind diese Lebensräume mehr oder weniger starken Veränderungen in der Salzkonzentration unterworfen. Meeresbeeinflusste Salzstandorte (in der Gewässerökologie spricht man von „thalassohalinen" Systemen, von griechisch *thalassa* = Meer, *hala* = Salz) sind praktisch überall in Küstennähe zu finden.

Neben den meeresbeeinflussten Lebensräumen gibt es Salzstandorte, die fernab der Meeresküsten im Binnenland liegen. Sie finden sich häufig auf umgelagerten und daher in ihrer Zusammensetzung ver-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

änderten Meeressalz-Lagerstätten. Die Salze können aber auch durch Verwitterung aus Gesteinen herausgelöst und angereichert werden. Binnen-Salzstandorte sind oft auf Trockengebiete beschränkt und an Abflusslosigkeit und gewisse klimatische Rahmenbedingungen (hohe Temperaturen, geringe Niederschläge) gebunden. So finden wir in abflusslosen Trockengebieten, wie beispielsweise in Zentralasien oder im Inneren von Australien, auch eine besonders dichte Ansammlung von Salzlebensräumen. Afrika beherbergt ebenfalls eine Reihe von Salzstandorten, so zum Beispiel die bekannten Schotts in Nordafrika oder die Salzseen entlang des ostafrikanischen Grabenbruchs. Weiträumige Bereiche mit aquatischen und terrestrischen Salzlebensräumen finden sich schließlich in den trockenen Hochebenen von Südamerika oder in den niederschlagsarmen Gebieten der Vereinigten Staaten und Kanadas (Abb. 1).

In Europa gibt es ausgedehnte Trockengebiete mit Binnen-Salzlebensräumen auf der iberischen Halbinsel, aber auch der Osten Rumäniens ist bekannt für seine Salzgewässer und Salzwiesen. Mit den Sodalacken und den daran angrenzenden Salzfluren in Ungarn nähern wir uns bereits der österreichischen Grenze, wo wir im Seewinkel die östlichsten Ausläufer einer Kette von ganz charakteristischen Salzlebensräumen im pannonischen Raum finden. Neben diesen großflächigen Trockengebieten gibt es punktuelle Vorkommen von Salzstandorten vor allem in Deutschland, Polen und Großbritannien.

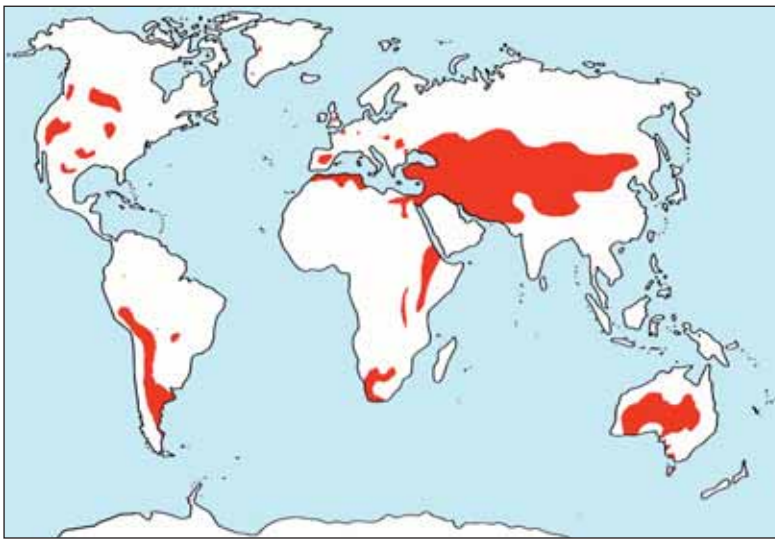


Abb. 1: Weltweite Verbreitung von Salzseen. Für terrestrische Binnen-Salzlebensräume ist eine ähnliche Verbreitung anzunehmen *(Grafik: G. Wolfram, nach WILLIAMS 1996)*.

1.3 Vorkommen und Entstehung von Salzstandorten in Österreich

1.3.1 Ein erster Überblick

Das größte zusammenhängende Gebiet mit Salzgewässern und terrestrischen Salzstandorten ist das **Neusiedler See-Gebiet** und hier vor allem der **Seewinkel** (Abb. 2). Seit 1977 ist das Neusiedler See-Gebiet auf österreichischer Seite ein Biosphärenreservat, seit 1983 steht das Gebiet „Neusiedler See – Seewinkel" auf der Liste der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung (Ramsar-Konvention). Teile des Seewinkels wurden 1992 gemeinsam mit dem südöstlichen Teil des Neusiedler Sees im Rahmen des grenzüberschreitenden Nationalparks „Neusiedler See – Seewinkel" unter Schutz gestellt. Es finden sich jedoch nicht nur im Osten des Neusiedler Sees, sondern auch am Westufer auf Höhe der Ortschaften Oggau und Breitenbrunn Salzböden und -fluren, wenn auch in weitaus geringerer Flächenausdehnung. Schließlich beherbergt auch die 1970 als Natur- und Landschaftsschutzgebiet ausgewiesene und vom Burgenland als Natura-2000-Gebiet nominierte „Siegendorfer Puszta und Heide" Salzböden.

Neben dem Seewinkel an der Grenze zu Ungarn beherbergt das nördliche Weinviertel Salzstandorte. Das Gebiet – mit einem mittleren Jahresniederschlag unter 400 mm eines der trockensten in Österreich – war ehemals in weiten Teilen mit Salzböden bedeckt, gegenwärtig konzentrieren sich die verbliebenen Salzstandorte auf einige Flecken im Gebiet der Ortschaft **Zwingendorf**.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Vorkommen von Salzlebensräumen in Österreich. Das größte Vorkommen ist das Neusiedler See-Gebiet mit dem Seewinkel am Ostrand, weiters gibt es Reliktstandorte am Westrand des Sees. Ein Reliktvorkommen befindet sich auch bei Siegendorf (Siegendorfer Puszta). Neben den Salzwiesen und -tümpeln bei Zwingendorf und Baumgarten an der March zeichnen sich einige Ziegelteiche südlich von Wien durch leicht erhöhte Salzgehalte aus.

Nahe der March – und oftmals von den Frühjahrshochwässern überschwemmt – gibt es das dritte nennenswerte Gebiet mit Salzböden und charakteristischer Salzvegetation. Wie auch die beiden anderen Gebiete ist auch jenes an der March flächenmäßig nur mehr ein kleiner Rest einer ehemals ausgedehnten Landschaft mit Salzfluren. Auf die verbliebenen Salzflächen trifft man vor allem nördlich und südwestlich der Ortschaft **Baumgarten an der March**.

Damit sind die drei wichtigsten Gebiete mit Salzlebensräumen genannt. Erwähnenswert sind noch die zahlreichen ehemaligen Ziegelteiche, die sich südlich von Wien entlang der **Thermenlinie** aneinander reihen und einen leicht erhöhten Salzgehalt aufweisen. Beim Thema Salz wird mancher Leser vielleicht auch an das **Salzkammergut** oder an Salzlagerstätten in Tirol denken. Die salzführenden Gesteinsschichten in diesen Gegenden wurden schon von den Kelten vor über 2.500 Jahren genutzt. Doch manifestiert sich der erhöhte Salzgehalt des Untergrundes nicht in der Bodenschicht und damit nicht in der Vegetation. Sehr wohl spiegelt sich jedoch der Salzabbau im Chemismus einiger Seen wider, worauf in den Kapiteln 1.7 und 1.8 kurz eingegangen wird.

Der Vollständigkeit halber sollen **künstliche Salzstandorte** ebenfalls erwähnt werden. Diese können – lokal und unabhängig von den klimatischen Rahmenbedingungen – durch Salzstreuung, Industrieabwässer oder andere anthropogene Einflüsse entstehen. Es handelt sich dabei zwar in der Regel um sehr kleinflächige, häufig auch nur periodisch existierende Salzstandorte, dennoch können hier charakteristische Salzpflanzen auftreten und so das veränderte chemische Milieu des Bodens anzeigen. In Deutschland breitet sich beispielsweise das Dänische Löffelkraut *(Cochlearia danica)*, ein Halophyt der Atlantik-, Nord- und Ostseeküste, seit 1987 entlang von Autobahn-Mittelstreifen, die durch winterliche Salzstreuung extrem belastet sind, nach Süddeutschland aus (WEBER 1987).

1.3.2 Zur Genese der heimischen Salzstandorte

Wie die obige Übersicht und Abbildung 2 veranschaulichen, sind Salzstandorte in Österreich auf den Osten des Bundesgebietes beschränkt. Nur hier finden sich die charakteristischen Salzböden, welche erst das Vorkommen von Salzstandorten ermöglichen. Die Genese von Salzböden ist bei uns an vier wesentliche Voraussetzungen geknüpft:

1. Vorkommen salzhältiger, tertiärer Meeresablagerungen. Diese stammen in Österreich vom einstigen Binnenmeer Paratethys, das rund um den Neusiedler See die größte Mineralwasserlagerstätte Europas entstehen ließ (Abb. 3).
2. Tektonische Unruhe, welche die Ausbildung von artesischen Brunnen ermöglicht, in denen laufend salzhältiges Tiefenwasser mit hohen Gehalten an Natriumkarbonat, Glaubersalz, Bittersalz und/oder Kochsalz an die Oberfläche transportiert wird (Abb. 3).
3. Dichte, tonhältige Sedimente („Schwemmlöss"), in denen sich das herauftransportierte Salz festsetzt

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

und meist einen salzführenden Horizont (FRANZ & HUSZ 1961) ausbildet.

4. Trockenwarmes Klima mit hohen Sommertemperaturen und längeren Trockenperioden, das infolge der hohen Verdunstung einen ständigen kapillaren Nachschub aus dem salzhältigen Grundwasser gewährleistet und zu einer oberflächlichen Salzakkumulation führt (Abb. 4).

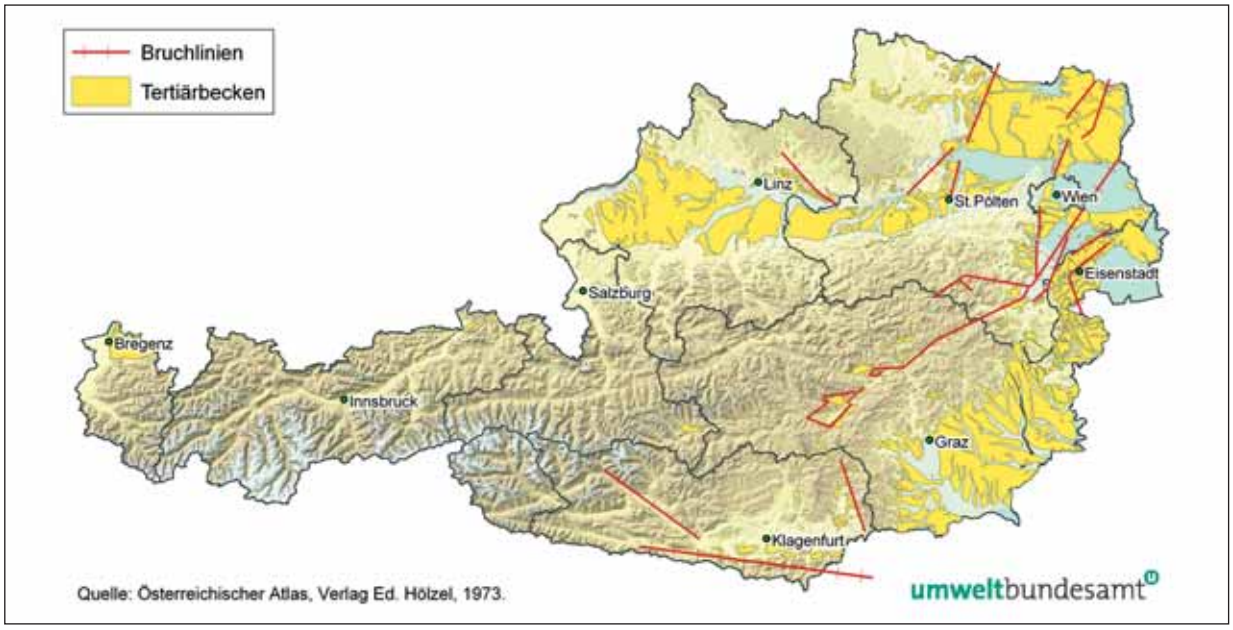


Abb. 3: Die Molassezone (marine Ablagerungen aus dem Tertiär) sowie das Auftreten von tektonischen Bruchlinien in Österreich *(Grafik: Umweltbundesamt)*.

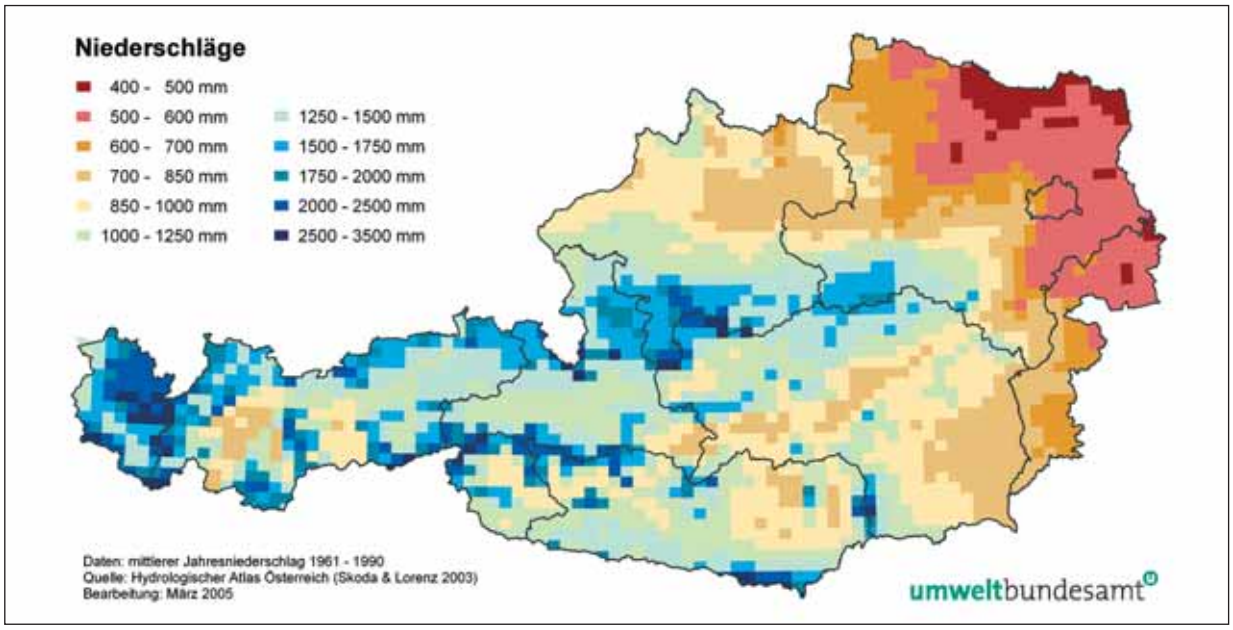


Abb. 4. Verteilung der Niederschlagsmengen in Österreich (Raster: 5 km). *Datenquelle: SKODA & LORENZ 2003 (Grafik: Umweltbundesamt)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Es ist entscheidend, dass nicht bloß einer oder zwei dieser Faktoren, sondern erst eine Kombination aller vier die Entstehung von Salzböden ermöglicht. So finden sich etwa die salzhältigen Ablagerungen des einstigen Binnenmeeres Paratethys nicht nur im Neusiedler See-Gebiet, sondern im gesamten Alpenvorland. Doch fehlen hier die klimatischen Voraussetzungen und die tektonische Unruhe, sodass eine Ausbildung von Salzböden nicht möglich ist.

1.3.3 Salzböden – Typologie, Struktur und Chemismus

In der Vielzahl verschiedener, ineinander übergehender Salzböden sind zwei Haupttypen zu erwähnen, die sich gut charakterisieren lassen: der Solontschak und der Solonetz. Der **Solontschak** (Abb. 5) gehört zu den grundwasserbeeinflussten Böden und ist daher meist in niveaumäßig tiefer gelegenen Bereichen des Geländes zu finden. Bei Überstauung steht das Wasser in Kontakt mit dem salzführenden Horizont und löst aus diesem Salze heraus. Betrachtet man ein Bodenprofil, so zeichnet sich der Solontschak durch eine weitgehende Strukturlosigkeit aus. Der „salzführende Horizont" liegt frei oder ist nur wenig von Feinsedimenten überlagert. Bei Durchfeuchtung ist der tiefgründige Solontschak von „zäher und schmieriger Konsistenz" (KINZEL 1982), verhärtet sich aber bei Austrocknung extrem und bildet breite und tiefe Schwundrisse. Durch die Verdunstung des salzhältigen Wassers im Sommer entstehen außerdem charakteristische Salzausblühungen, so genannte Salzkonkretionen, die im Seewinkel „Sodaschnee" genannt werden (Abb. 6 & 7). An manchen Orten (z. B. im nördlichen Weinviertel bei Zwingendorf) kann man mit einigem Glück auch mehrere Zentimeter große Gips-Kristalle, so genannte Schwalbenschwanzkristalle, finden.

Abb. 5: Profil eines Solontschak bei Zwingendorf im nördlichen Weinviertel. Einige Bodenschichten sind durch Salzausblühungen hell gefärbt *(Foto: W. Schneider)*.

Chemisch ist ein Unterschied zwischen den Solontschaken der verschiedenen Salzstandorte Österreichs gegeben. Während im Seewinkel Soda bzw. Natron das dominierende Salz darstellt und im obersten Bodenbereich typischerweise eine extreme Anhäufung von Natrium-Salzen auftritt, ist im nördlichen Weinviertel das Vorkommen von Glaubersalz und Bittersalz prägend (HÜTTERER & ALBERT 1993). Dies hat bedeutende Auswirkungen auf die Struktur des Bodens, der wesentlich weniger dicht und kompakt aufgebaut ist als die Solontschake im Nordburgenland.

Abb. 6: Salzkonkretion (Ausblühung) im Solontschak aus der Umgebung von Zwingendorf *(Foto: W. Schneider)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Extrem hohe Salzgehalte im Boden werden nur von wenigen angepassten Pflanzenarten toleriert. Infolgedessen kann sich oft keine – oder nur eine lückige, niedrige – Vegetationsdecke etablieren. Vegetationsfreie Standorte stellen wiederum Extremstandorte für Insekten und andere Wirbellose dar, die aufgrund der erhöhten Reflexion des Lichts an den hellen Sand- und Salzflächen mit hohen Strahlungsintensitäten konfrontiert sind (MOUGENOT et al. 1993). Offene Bodenstellen bedingen aber auch – infolge der erhöhten Verdunstung bei starker Sonneneinstrahlung und geringen Niederschlägen – eine weitere Erhöhung des Salzgehaltes im Oberboden.

So entscheidend das Fehlen von Wasser für die Ausbildung der Salzböden ist, Solontschak-Böden sind keinesfalls trockene Böden – ganz im Gegenteil! Durch den ständigen Feuchtigkeitsstrom nach oben weisen Solontschak-Böden eine höhere Feuchtigkeit auf als andere Böden. Dies bietet gute Voraussetzungen für Wirbellose, die den Salzboden als Lebensraum nutzen (vgl. Kap. 4). Auch der hohe Sandanteil des Solontschaks spielt für bodenlebende Insekten eine Rolle. Er ist wesentlich besser zu „bearbeiten" als beispielsweise der Solonetz (WENDELBERGER 1951).

Solonetz entwickelt sich durch Überlagerung des Solontschaks mit Feinsedimenten („sekundärer Solonetz"). Er unterscheidet sich vom Solontschak durch ein deutlich ausgeprägtes Stockwerksprofil, das Fehlen von Salzausblühungen an der Oberfläche (das Grundwasser liegt sehr tief und erreicht die Oberfläche nicht) und durch die Lage des salzführenden Horizontes. Ein „primärer Solonetz" entsteht hingegen infolge der Entsalzung des Oberbodens. Die Oberflächenschicht des Solonetz ist unterschiedlich mächtig, salzarm, humusreich und porös. Wie bei den Solontschaken unterscheiden sich auch die Solonetze der verschiedenen Salzstandorte Österreichs in chemischer Hinsicht. Natron bzw. Soda dominiert im Seewinkel, wo der Solonetz auch Schwarzer Alkaliboden genannt wird (im Gegensatz zum Solontschak, dem weißen Alkaliboden). Bei Baumgarten an der March ist hingegen der hohe Anteil an Bittersalz (Magnesiumsulfat) hervorzuheben. KRAPFENBAUER (1962, zit. in LAZOWSKI 1999) spricht entsprechend von einem Magnesium-Solonetz.

Im Hochsommer kommt es beim Solonetz zu einer tiefen Zerklüftung der Säulenschicht durch vertikale Spalten, die prismenförmig angeordnet sind. Diese

Abb. 7: Bei Bodenanrissen wie an diesem künstlich angelegten Tümpel bei Zwingendorf treten die tiefer gelegenen Salzausblühungen in der versalzten Schwarzerde deutlich zu Tage *(Foto: W. Schneider)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Spalten sind wichtige Lebensräume für Insekten und andere Wirbellose, die das günstigere Mikroklima in den schmalen Ritzen (geringere Strahlung, niedrigere Temperaturen, höhere Feuchte) nutzen.

Zwischen den beiden besprochenen Bodentypen gibt es natürlich Übergangsformen wie den **Solontschak-Solonetz**, der an manchen Salzstandorten – wie dem Seewinkel – sogar häufiger vorkommt als die Haupttypen in ihrer reinen Ausprägung. Er entwickelt sich, wie der Solonetz, meist durch die Überlagerung des Solontschaks.

1.4 Das Neusiedler See-Gebiet und der Seewinkel

Im Gebiet des **Neusiedler Sees** befindet sich gegenwärtig das größte Gebiet mit Salzstandorten in Österreich. Der Neusiedler See wird gerne als „Salzsee" bezeichnet und damit auf eine Stufe mit bekannten Salzgewässern wie dem Great Salt Lake in Utah oder dem Vansee in Ost-Anatolien gestellt. Die Assoziation mit dem wüstenähnlichen Klima, dem die genannten Salzseen ausgesetzt sind, ist schon nahe liegend, wenn man sich an einem heißen Sommertag durch die flirrende Hitze des Seewinkels kämpft. Dennoch bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den genannten Seen: Sie blicken unter anderem auf eine gänzlich andere Entstehungsgeschichte zurück als der Neusiedler See und weisen zudem einen deutlich höheren Salzgehalt auf. Der Neusiedler See ist gegenwärtig durch eine zu geringe Salzkonzentration gekennzeichnet, um ihn als „echtes" Salzgewässer anzusprechen (vgl. Kap. 5.2).

Das war aber nicht immer so. Heute nimmt der Neusiedler See eine Fläche von 320 km^2 ein, mehr als die Hälfte davon ist mit Schilf bedeckt. Der Wasserstand wird mit Hilfe einer Schleuse am so genannten Einserkanal reguliert und ist gegenwärtig nur mehr geringfügigen Veränderungen unterworfen. Der Einserkanal wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts errichtet und bildet im Süden an der Grenze zu Ungarn einen künstlichen Abfluss. Davor war der Neusiedler See abflusslos und wesentlich stärkeren Wasserstandsschwankungen unterworfen. In Regenjahren überschwemmte das Hochwasser weite Teile des Seewinkels. So wurden beispielsweise 1741 die *„Gemarken von Sárrét, Széplak, Heiligenstein und Pamhagen durch den See überschwemmt … oder in der Periode von 1768 bis 1775, als er vier Quadratmeilen unter Wasser setzte"* (RODICZKY 1896). In niederschlagsarmen Zeiten ging der Seespiegel hingegen stark zurück, mehrmals in seiner wechselvollen Geschichte trocknete der See sogar vollständig aus. RODICZKY (1896) berichtet, dass 1683 die Tartaren durch den trockenen See bis Halbturn marschierten. Die letzte Austrocknung liegt über 100 Jahre zurück. 1865-71 war nur mehr ein schmaler Streifen zwischen Apetlon und Eszterháza mit Wasser gefüllt, 1869 herrschte im obersten Teil schon reger Landverkehr; 1870 begann man sogar, auf Strecken des früheren Röhrichts Weizen zu säen (RODICZKY 1896).

Es ist leicht nachvollziehbar, dass die Salzkonzentration mit zurückgehendem Wasserstand anstieg. In Zeiten geringer Ausdehnung und vor allem kurz vor der Austrocknung wies der See zweifelsohne eine Salzkonzentration auf, die die Bezeichnung „Salzsee" gerechtfertigt hätte.

Am besten kann man sich also den – ehemaligen – Neusiedler See als periodisch austrocknenden Flachsee mit wechselnden Salzkonzentrationen vorstellen. Seit der Regulierung des Sees mit der Errichtung des Einserkanals wurden hingegen nur mehr selten erhöhte Salzkonzentrationen festgestellt, so beispielsweise im Jahr 1930, als der See infolge eines niedrigen Wasserstandes einen Salzgehalt von rund 16‰ aufwies. Heute hat sich der Salzgehalt des Sees auf 1-1,5‰ eingependelt (HERZIG & DOKULIL 2001).

Östlich des Neusiedler Sees befindet sich der so genannte **Seewinkel**, ein in den letzten Jahrzehnten touristisch „entdecktes" Gebiet. Die landschaftsprägen-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

den Elemente dieser Gegend sind die Salzlacken, auf Englisch *„salt pans"*, also Pfannen. Damit ist ihr Relief gut charakterisiert: Es handelt sich um flache Vertiefungen oder Mulden im Gelände, die periodisch von Wasser überstaut werden. Als Untergrund der Lacken wie auch ihres Umlandes findet man Solontschak oder Solonetz, die beiden charakteristischen Salzböden, welche im wörtlichen Sinne die Grundlage für die einzigartige Salzflora des Seewinkels bilden und rund 6 % aller Böden im Gebiet ausmachen (NELHIEBEL 1980). Sie werden in dieser Gegend Zickböden genannt, abgeleitet vom ungarischen Wort „szik" für Soda.

Das Gebiet des heutigen Seewinkels lässt sich nach NELHIEBEL (1980) in sechs Landschaftseinheiten unterteilen (Abb. 8). Diese stimmen topologisch weitgehend mit den verschiedenen Bodentypen des Seewinkels überein. Die für den Seewinkel typischen Salzböden liegen in der Muldenzone innerhalb der eiszeitlichen Schotterfluren sowie in der Seerandzone.

Abb. 8: Landschaftseinheiten im Seewinkel. In der „Muldenzone in Schotterflur" befinden sich die zentralen Salzlacken mit Schotteruntergrund, aber auch Solontschake, Solonetze und versalzte Feuchtschwarzerden. Letztere bilden auch den Boden in den „Randmulden in Schotterflur". In der Seerandzone fehlt ein Schotterkörper. An Salzböden finden sich wiederum Solontschak, Solonetze und versalzte Feuchtschwarzerden *(Grafik: G. Wolfram, nach NELHIEBEL 1980)*.

Die überwiegende Zahl der Salzlacken des Seewinkels sind Sodagewässer (vgl. Kap. 5.2). Rein optisch lassen sich zwei Haupttypen erkennen, Schwarz- und Weißwasserlacken, doch gibt es auch Übergänge und einige Salzlacken sind nicht immer eindeutig der einen oder anderen Kategorie zuzuordnen. Äußerlich gleichen sich die Salzlacken, doch hinsichtlich ihres Chemismus, des Sediments und damit auch ihrer Lebewelt ist doch jede einzigartig und von den anderen verschieden. Der Wechsel zwischen Perioden der Überflutung und der Trockenheit, dem die Lacken ausgesetzt sind, ist nicht zuletzt eine der Voraussetzungen dafür, dass sich hier bestimmte Tier- und Pflanzenarten etablieren konnten und innerhalb Österreichs ausschließlich im Seewinkel vorkommen. In den Wasserstandsschwankungen der Lacken finden wir übrigens den Neusiedler See im Kleinen wieder. Was dem rund 320 km^2 großen See früher regelmäßig „passierte", ist auch das Schicksal der Salzlacken: manche trocknen alljährlich aus, andere wie beispielsweise die Lange Lacke nur in extremen Trockenjahren (zuletzt im Sommer 2005).

Die Naturschönheiten und faunistischen wie floristischen Besonderheiten im Seewinkel erfreuen den Naturliebhaber, doch wird die Begeisterung getrübt angesichts der traurigen Entwicklung, welche das Gebiet im Laufe von nur 150 Jahren durchgemacht hat. Von 139 Salzlacken im Jahr 1850 ist die Zahl der Salzlacken auf 63 im Jahr 1986 gesunken (KOHLER et al. 1994). Gemessen an der Fläche stellt sich der Verlust noch dramatischer dar: Von einstmals 3.615 Hektar ist die Gesamtfläche der Salzgewässer auf 805 Hektar geschrumpft. Somit sind von der ursprünglichen Ausdehnung der Lacken nur mehr 22 % übrig.

Während auf diese dramatische Entwicklung im Seewinkel – die auch heute noch anhält – seit Jahrzehnten hingewiesen wird, vollzog sich das Verschwinden der Salzstandorte im **Westen des Neusiedler Sees** still und leise. Auch hier gab es früher ausgedehnte Salzstandorte, Reste finden wir gegenwärtig noch bei Oggau und Breitenbrunn (Abb. 9).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die hier noch vorhandene Vegetation ähnelt in verblüffender Weise der Salzlackenrandvegetation des Seewinkels. Einen richtigen Salzsee – ein Flachgewässer ähnlich den Salzlacken des Seewinkels – gab es einst in der so genannten Siegendorfer Puszta. Er wurde bereits vor 100-150 Jahren trockengelegt. Kalkreiche pannone Sande mit einer reichen Fossilführung bilden den Untergrund der Siegendorfer Sandpuszta, die sich als Geländekante am Rande des Wulkabeckens erhebt. In einer kleinen Bodenmulde am Fuße der aufsteigenden Geländekante kommen Salzböden vor (KOÓ 1995). An die einstige Vielfalt der Salzvegetation erinnern jedoch nur mehr vereinzelte Vorkommen von Salzpflanzen.

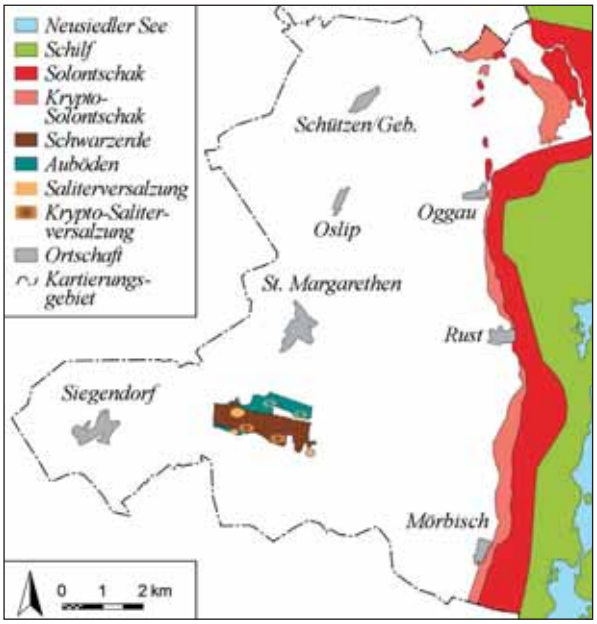


Abb. 9: Verbreitung der Salzböden am Westrand des Neusiedler Sees *(Grafik: G. Wolfram, nach BERNHAUSER 1962).*

1.5 Die Gegend um Zwingendorf im nördlichen Weinviertel

„In trockenen Sommern zeigen sich an diesen Stellen ganz dünne, weiße Incrustationen als Ausscheidungen von schwefelsaurem Magnesia und schwefelsaurem Kali. Übereinstimmend mit diesem Salzgehalt ist auch das Auftreten von mehreren Pflanzen in der Nähe von Laa, die meist nur im Salz vegitiren. Diese sind vorzüglich: Salicornea herbacea, Plantago maritima, Lepigonum marginatum, Glaux maritima, *welche letztere am üppigsten an der Nord- und Ostsee vorkommt."*

Diese Sätze von HOLLER (1870, zit. in HOFMANN 1997) sind vermutlich die frühesten schriftlichen Hinweise auf Salzstandorte im Pulkautal im nördlichen Weinviertel (Abb. 10). Die um Zwingendorf (Marktgemeinde Großharras) konzentrierten Salzböden gehörten einst zu einem breiten Gürtel vergleichbarer Lebensräume, der sich vom Weinviertel bis weit in unser Nachbarland Tschechien hinein erstreckte. Früher reichte das salzhältige Grundwasser oftmals bis an die Oberfläche und trug so zum Entstehen von Salzböden bei. Ältere Landwirte wissen zu berichten, dass einstmals weite Flächen des Pulkautales für den Ackerbau ungeeignet waren, ja stellenweise überhaupt keine Vegetation aufwiesen. Dies lässt auf ausgedehnte Bereiche mit Salzböden schließen. Um das Pulkautal verstärkt landwirtschaftlich nutzen zu können, begann man jedoch mit der Entwässerung des Gebietes. Die Folgen waren eine Absenkung des Grundwasserspiegels und ein dramatischer Rückgang der Salzböden. Nur wenige Flecken (insgesamt 29 ha) weisen heute noch echte Solontschake auf. Häufiger sind noch versalzte Gleye und Feuchtschwarzerden anzutreffen, welche infolge der Auswaschung meist erst in 50 cm Tiefe einen Salzhorizont aufweisen. Dieser ist oberflächlich weder an der Struktur des Bodens erkennbar, noch lässt die Vegetation einen erhöhten Salzgehalt in der Tiefe erahnen. Erst Grabungen zur bodenkundlichen Dokumentation von Profilen bringen den Salzhorizont zu Tage (Abb. 5).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

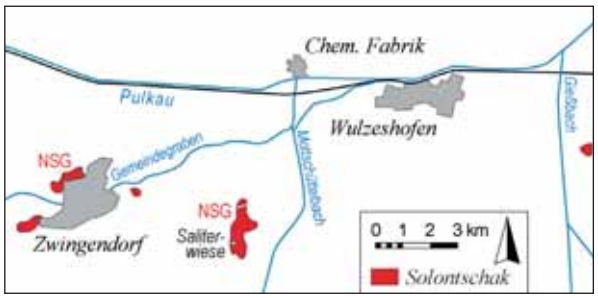


Abb. 10: Die Salzstandorte bei Zwingendorf im nördlichen Weinviertel *(Datenquelle: W. Schneider, Grafik: G. Wolfram)*.

Leider fanden die Glaubersalzböden nahe der tschechischen Grenze – auch von wissenschaftlicher Seite – nie jene Beachtung, die dem Seewinkel zuteil wurde. Dennoch konnten einige botanische Untersuchungen die Einmaligkeit dieser Standorte belegen (JURASKY 1980, HÜTTERER & ALBERT 1993). Im Jahr 1979 wurde ein kleines Gebiet (15,75 ha) in der Ortschaft Zwingendorf von der Naturschutzbehörde mit dem Status eines Naturschutzgebietes gewürdigt.

JURASKY (1980) hat bei seinen Untersuchungen drei Salzwiesen unterschieden:

- Das Naturschutzgebiet in Zwingendorf mit dem Dorfteich, gelegen am nördlichen Ortsrand („Hintausacker"),
- den Eisteich, eine Fläche etwa 1 km östlich von Zwingendorf, sowie
- die Saliterwiese 2 km östlich von Zwingendorf mit einer Ausdehnung von ca. 10 Hektar (südlicher Teil des Naturschutzgebietes).

Abseits der unter Schutz stehenden Flächen zeigen sich ferner auf Ackerbrachen und einer Wiese am westlichen Ortsrand Reste einer Halophyten-Vegetation. Im Zuge einer Exkursion der Autoren im April 2000 wurden auch nahe Obritz und östlich von Wulzeshofen noch einige weitere Kleingewässer mit erhöhter Salzkonzentration „entdeckt"; das unmittelbare Umland ließ allerdings keine Salzvegetation erkennen.

1.6 Salzstandorte bei Baumgarten an der March

Wer im Frühjahr an die untere March fährt, wird dort ausgedehnte Überschwemmungen vorfinden und den Eindruck einer dynamischen Flusslandschaft gewinnen, wie man sie gegenwärtig in Mitteleuropa nur mehr selten vorfindet. Angesichts der „Wasserfülle" überrascht es, dass sich gerade an der March südlich der Ortschaft Baumgarten an der March auch Salzstandorte finden, welche doch gerade Trockenheit und Wassermangel als Voraussetzung für ihr Vorkommen haben.

Die kleinräumigen Salzbiotope an der March sind auch unter Fachleuten nicht allzu bekannt und wissenschaftlich noch ungenügend erforscht. Zwei von einander isolierte Standorte – auch hier wieder Reste einer ehemals größeren Landschaft mit Salzlebensräumen – verdienen unsere Aufmerksamkeit. Sie sind beide im Bezirk Gänserndorf (Gemeinde Weiden an der March, Katastralgemeinde Baumgarten) gelegen:

- Die „Salzsteppe Baumgarten an der March" (seit 1968 Naturschutzgebiet), eine etwa 11 Hektar große Wiesenfläche 1-1,5 km südlich der Ortschaft Baumgarten zwischen dem regulierten Mühlbach und der Bundesstraße Baumgarten bis Marchegg (Abb. 11 auf der nächsten Seite).
- und ein weiteres, noch kleineres Gebiet nördlich der Ortschaft, welches derzeit nicht unter Naturschutz steht.

Im Gegensatz zum nördlichen Weinviertel und dem Seewinkel gibt es zumindest rezent keine Salzgewässer. Ob solche früher einmal vorhanden waren und mitsamt ihrer Fauna und Flora zugrunde gegangen sind, lässt sich heute nicht mehr klären.

PAAR et al. (1993) bezeichnen das Gebiet als *„Alkalisteppe mit interessanter Halophytenvegetation"*, doch nimmt der eigentliche Salzstandort nur 40 % des gesamten Naturschutzgebietes ein. Die dieser

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

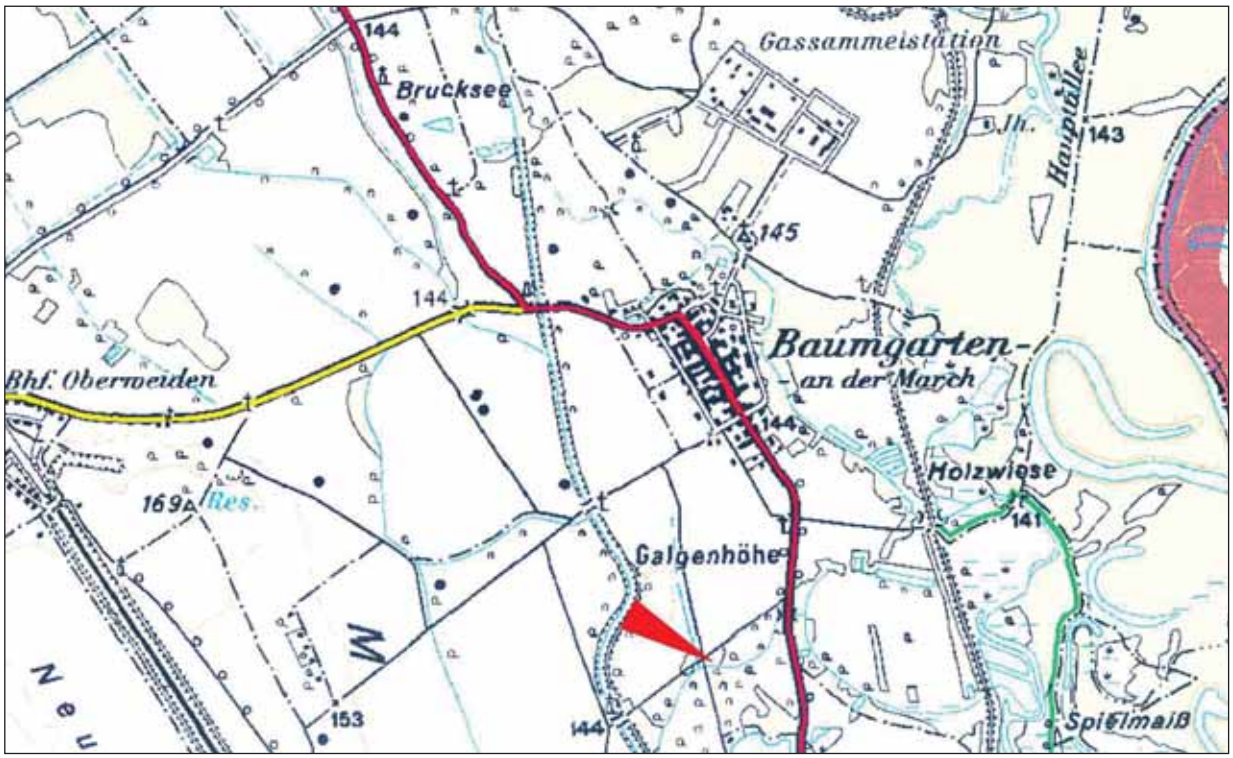


Abb. 11: Die Alkalisteppe bei Baumgarten an der March.

Angabe zu Grunde liegende botanische Aufnahme stammt aus dem Jahr 1990 und somit aus der Zeit vor den aktuellen Management-Maßnahmen. Höchstwahrscheinlich entspricht die heutige Situation in ihrer Ausdehnung und Ausprägung nicht mehr den Verhältnissen von vor 10 Jahren.

1.7 Die Ziegelteiche des Wiener Beckens

Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte sich auf den lehm- und tegelreichen Abhängen des Wienerberges und des Laaerberges im Wiener Stadtgebiet sowie im angrenzenden Niederösterreich eine bedeutende Ziegelindustrie. Aus den ehemaligen, abflusslosen Tongruben, die sich mit der Zeit mit Grundwasser füllten, entstanden die so genannten Ziegelteiche. Einige blieben bis heute erhalten und dienen als Naherholungsgebiete.

Der Chemismus unterscheidet sind grundsätzlich von den Gewässern des Seewinkels (vgl. Kap. 5.2), doch findet man mitunter Gesamtsalzgehalte, die jenen der niedriger konzentrierten Salzlacken des Seewinkels um nichts nachstehen, ja diese teilweise sogar übertreffen. Auch wenn man nicht von Salzgewässern im eigentlichen Sinne sprechen kann, so sind die Ziegelteiche doch Lebensraum für einige Salzzeiger unter den aquatischen Organismen. Die Vegetation und die terrestrische Wirbellosenfauna der (intensiv genutzten, oft auch versiegelten) Umgebung lässt hingegen keinerlei Einfluss des salzhältigen Grundwassers erkennen. Auch wenn die klimatischen Voraussetzungen für die Entstehung von Salzböden günstig wären, so sind die Konzentrationen im Grundwasser doch zu gering.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

1.8 Salzkammergut und andere Salzabbaugebiete

Hallstatt, Hallein, Hall – nur drei von vielen Ortschaften, die bereits im Namen den Bezug zu Salz (griechisch *hala* = Salz) erkennen lassen. Die Salzlagerstätten des Salzkammergutes und einiger weiterer Gebiete wie jenes in Bad Dürrnberg bei Hallein wurden bereits sehr früh genutzt. Die aktuellen Forschungen des Naturhistorischen Museums Wien zeigen, dass spätestens seit dem 14. Jh. v. Chr. ein gut organisierter, arbeitsteiliger Bergbau-Industriebetrieb am Hallstätter Salzberg existiert – wenngleich der Beginn der Salzproduktion schon vor etwa 7.000 Jahren anzusetzen ist. Im September 2004 wurde im prähistorischen Salzberg von Hallstatt eine im Salz bestens konservierte Holzstiege entdeckt (Foto S2 auf der nächsten Seite). Mittlerweile wurde das Alter des, in Fachkreisen als Sensation bezeichneten, Fundes mit der Methode der Dendrochronologie (Datierung anhand von Holzringen) auf exakt 3.349 Jahre festgelegt. Der Handel mit Salz war die wirtschaftliche Grundlage der damaligen Bevölkerung.

Angesichts der Allgegenwart von Salz im Dreiländereck von Salzburg, Oberösterreich und der Steiermark erscheint es nahe liegend, sich auch dort auf die Suche nach Salzstandorten zu machen. Man wird jedoch enttäuscht werden. Die Salzvorkommen liegen durchwegs im Haselgebirgsverband (d. h. als konglomeratähnliches Mischgestein aus Ton-, Sandstein-, Anhydrit- und Gipskomponenten, die in Steinsalz eingebettet sind) an der Basis alpiner Decken. An die Oberfläche gelangten und gelangen die Salze erst im Zuge der Abbautätigkeit durch den Menschen. So wächst beispielsweise aus dem Laist, dem Rückstandston der Haselgebirgsverlaugung, das so genannte Fasersalz heran: aus wasserhellen feinen Fasern bestehende Büschel von oft beträchtlicher Länge (bis 10 cm). Aufgrund der hohen Niederschlagsmengen kommt es jedoch niemals zur Ausbildung von Salzböden und damit zu einer eigenständigen Salzvegetation.

Foto S1: Aus dem Haselgebirge (Mischgestein aus Salz mit Ton-, Sandstein-, Anhydrit- und Gipskomponenten) gebrochener „Bergkern"; Salzgehalt über 95 %
(Quelle: SALINEN AUSTRIA AG).

Sehr wohl sind jedoch die Spuren des Salzabbaus in einigen Seen des Salzkammerguts erkennbar. Der Hallstättersee wies früher infolge der Salzgewinnung mit 30 mg l^{-1} einen erhöhten Chloridgehalt auf. Zum Vergleich: Im unbelasteten Attersee liegt der Chloridgehalt bei rund 4 mg l^{-1}. Auch der Traunsee ist von salzhältigen Abwässern beeinflusst; die Chloridgehalte im Porenwasser des Sediments erreichen derzeit Werte bis 130 mg l^{-1}, im Freiwasser bis 160 mg l^{-1} (SCHMIDT & DOKULIL 2002). Insgesamt werden diese Konzentrationen aber von den „echten" Salzgewässern im Seewinkel oder bei Zwingendorf (mit mehreren g l^{-1}) weit überschritten (vgl. Kap. 5.2).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Foto S2: Prähistorische Stiege, exakt 3.349 Jahre alt (Stand: 2005) *(Quelle: © Naturhistorisches Museum Wien).*

Eine archäologische Sensation:
Die älteste Holzstiege Europas*

WissenschafterInnen der Universität für Bodenkultur Wien haben die älteste Holzstiege Europas mit der Methode der Dendrochronologie datiert. Das Datum – 1344 v. Chr. – ist eine wissenschaftliche Sensation. Denn mit 3.349 Jahren ist dieser einzigartige Fund wesentlich älter als zunächst angenommen. Entdeckt wurde die perfekt erhaltene Stiege durch ArchäologInnen des Naturhistorischen Museums Wien im Salzbergwerk von Hallstatt/Oberösterreich. Der Fundort liegt inmitten eines Salzabbaurevieres der Bronzezeit. Für die WissenschaftlerInnen stand von Beginn an fest, dass von einem hohen Alter auszugehen ist. Jedoch übertrifft die Datierung auf das Jahr 1344 v. Chr. die Erwartungen um mehr als 200 Jahre.

* *Auszug aus einer Presseaussendung der Universität für Bodenkultur Wien, Naturhistorisches Museum Wien und SALINEN AUSTRIA AG.*

Die Stiege: *Bei der Fundstelle handelt es sich um das untere Ende eines verstürzten Schachtes aus dem 14. Jh. v. Chr. Von diesem Schacht aus folgten die bronzezeitlichen Bergleute dem Steinsalz in horizontaler Richtung. Konstruktionsweise und Ausführung der Stiege dokumentieren die hohen organisatorischen und technischen Standards der bronzezeitlichen Bergleute. Gebaut ist sie aus zwei parallel im Abstand von ca. einem Meter gelegten Rundhölzern aus Fichten- und Tannenholz. Diese Seitenteile haben einen Durchmesser von etwa 20 cm und sind längs geschlitzt. In diesen Schlitz sind abwechselnd gespaltene Bretter (Schwartlinge) und dreikantige „Auftritte“ eingeschoben. Die anspruchsvolle Konstruktionsweise ermöglicht die Vorfertigung der einzelnen Bestandteile Obertage und das Zusammensetzen direkt vor Ort, wobei die Stiege an jede gewünschte Neigung angepasst werden kann. Die Einzelelemente können problemlos entnommen und ersetzt werden. Angelegt wurde die Stiege vermutlich, um den Transport von Salz und schweren Lasten zu erleichtern.*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

2 „Lackensalz" als Rohstoff für Menschen – die Sodafabriken von Illmitz

von Alois Lang

Industriebetriebe und damit verbundene Arbeitsplätze waren und sind im Seewinkel praktisch nicht vorhanden. Die ausgeprägte Grenzlage, die erst spät entwickelte Verkehrsanbindung an die Städte, das Fehlen von Rohstoffen und Investitionskapital: all das verhinderte das Entstehen von Wirtschaftsstandorten. Nicht immer konnte die Landwirtschaft allein die Bevölkerung ernähren, sodass im 19. und 20. Jahrhundert starke Auswanderungswellen die Einwohnerzahlen schrumpfen ließen.

Ausnahmen – mit lokaler Bedeutung – gab es freilich immer wieder: Aus Hanf wurden Textilien, aus Torf in einem Kleinkraftwerk Strom und aus dem Zickboden rund um die Lacken eben Soda, Seife oder Waschmittel.

Dass man das an der Bodenoberfläche der ausgetrockneten Lacken kristallisierte Salz wirtschaftlich nutzen konnte, war schon lange bekannt. 1796 wird eine Sodafabrik in Oberillmitz erwähnt: Damals schloss das Domkapitel Steinamanger (Szombathely), zu dem dieser Ort gehörte, einen Vertrag mit einem gewissen Georg Lippinger ab, worin diesem das Sammeln des *„schwarzen Salzes, Sodasalz genant"*, auf zehn Jahre erlaubt wurde. Drei Jahre später kam es zu einer Verlängerung dieses Vertrags auf 20 Jahre, die Jahrespacht wurde auf 50 fl (Gulden) verdoppelt. 1818 heißt es bei GRAILICH in Folge 34 der „Erneuerten Vaterländischen Blätter für den Österreichischen Kaiserstaat": *„Soda wird in Illmitz, nahe am See, aus dem Seesalz, Zick genannt, woraus auch Wundersalz und Seife verfertigt werden, erzeugt ... hier wurden verschiedene Fabriken angelegt."* 1819 bis 1839 erhält der Arzt Dr. Josef Österreicher vom Domkapitel Steinamanger das Recht auf die Erzeugung von Soda für zuerst 250, dann 120 fl jährlich.

Wo die dazugehörige erste Sodafabrik in Oberillmitz stand, kann nur vermutet werden: Am Ende der heutigen Quergasse lagen bis zu Beginn der Bebauung die so genannten „Zickhausgärten" *(Zick* = ungarisch für Soda).

Soda, Wundsalz und Seife wurde nachweislich ab 1800 auch in Unterillmitz hergestellt. Die Sodafabrik lag zwischen dem heutigen Haus Zickhöhe 4a – dem ehemaligen „Zickhaus" – und dem Haus Zickhöhe 2 (Abb. 12 und 13). Bis ins Jahr 1967 bestand daneben der „Zickberg", der im Verlauf der Produktion aus

Abb. 12: Ausschnitt aus dem Katasterplan von Illmitz aus dem Jahr 1856.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

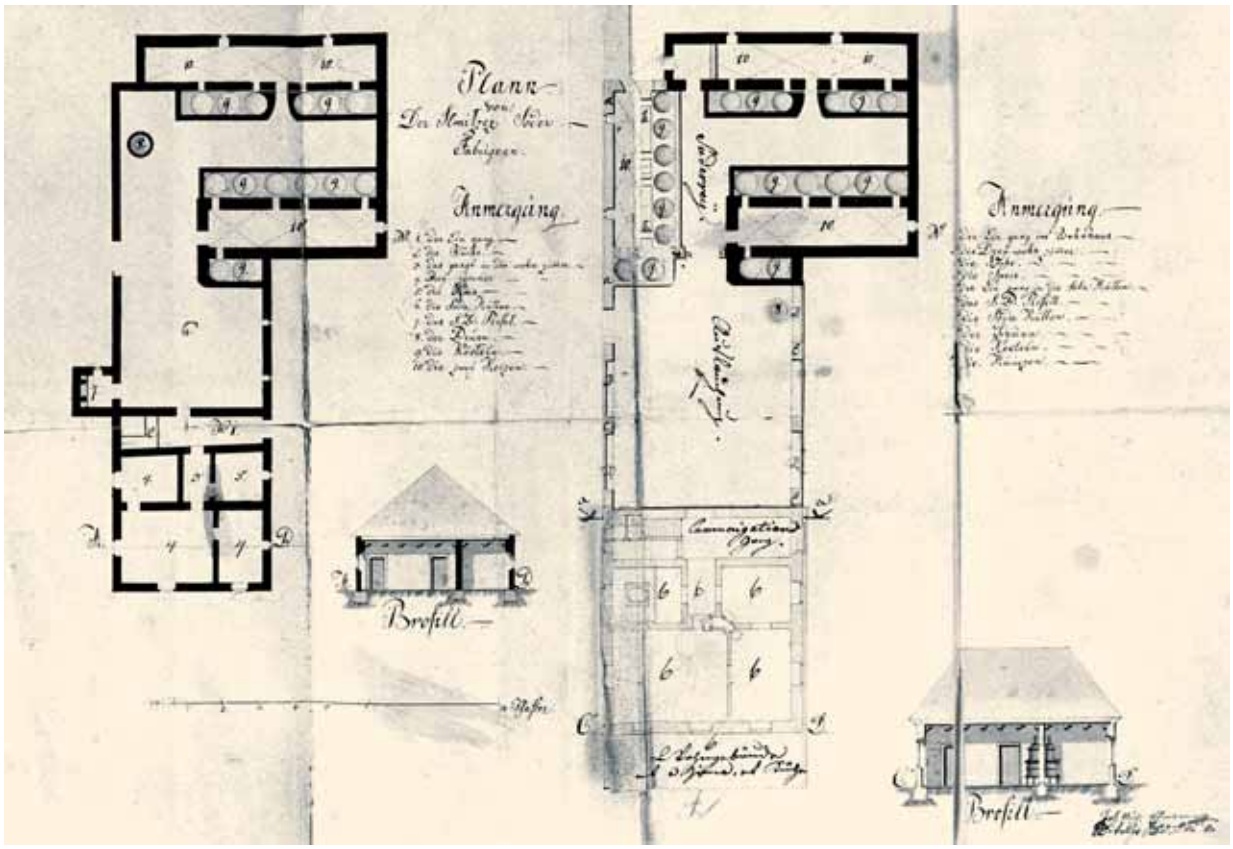


Abb. 13: Grundriss und Ansicht („Brofill" sic!) der Unterillmitzer Sodafabriken.

den Rückständen angehäuft worden war. Mitte des 19. Jahrhunderts gehörten bereits beide Sodafabriken der Familie Esterházy. Der Zick, den die Illmitzer Bevölkerung sammelte und an die Fabrik verkaufte, wurde mit einem Alkalimeter in Gradeinheiten gemessen. Für einen 8-gradigen Zick beispielsweise gab es pro Grad 1 ½ xr (Kreuzer), für einen 22-gradigen schon 2 ½ xr. Als Hauptprodukt kam damals „calcinierte Soda" zur Auslieferung in die Großstädte der Monarchie, der Zentner für 18 fl 45 xr. Über den Mitarbeiterstand in der Sodafabrik Unterillmitz sind keine Daten bekannt, beschäftigt waren neben einem Werkführer auch ein Kontrollor, ein Fuhrmann und ein Sudknecht. Die Esterházy'sche Gutsverwaltung Frauenkirchen trennte sich 1861 von dieser Fabrik, die der Illmitzer Johann Haider für 1.805 fl erwarb.

Wie lange die Unterillmitzer Sodafabrik noch in Betrieb war, lässt sich nicht genau eruieren. Mit dem Wegfall der Märkte auf ungarischer Seite nach 1921 und mit der Intensivierung der Landwirtschaft dürfte jedoch dieser Erwerbszweig stark an Attraktivität verloren haben.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

3 Bindung von Pflanzen und Tieren an Salzstandorte

von Klaus Peter Zulka, Georg Wolfram & Karl Mazzucco

3.1 Liebe in Abstufungen

Die Bindung der Organismen an den ökologischen Faktor „Salz" wird üblicherweise mit den Fremdwörtern **„halobiont"** (salzbewohnend), **„halophil"** (salzliebend) und **„halotolerant"** (salzertragend) klassifiziert. Grundsätzlich lassen sich diese Termini auf mehrere Arten interpretieren.

Die erste Interpretation betont die physiologische Disposition und Adaptation der Arten. Demnach wären halotolerante Arten solche, deren physiologisches Optimum im salzfreien Medium liegt. Spezialanpassungen fehlen, die Arten sind aber physiologisch prädisponiert, auch mäßige Salzgehalte zu ertragen. Halophile Arten wären dagegen solche, deren physiologisches Optimum aufgrund von Spezialanpassungen im Bereich höherer Salzkonzentrationen liegt; bei halobionten Arten sind diese Anpassungen so weit fortgeschritten, dass ein Leben im salzfreien Milieu nicht mehr möglich ist.

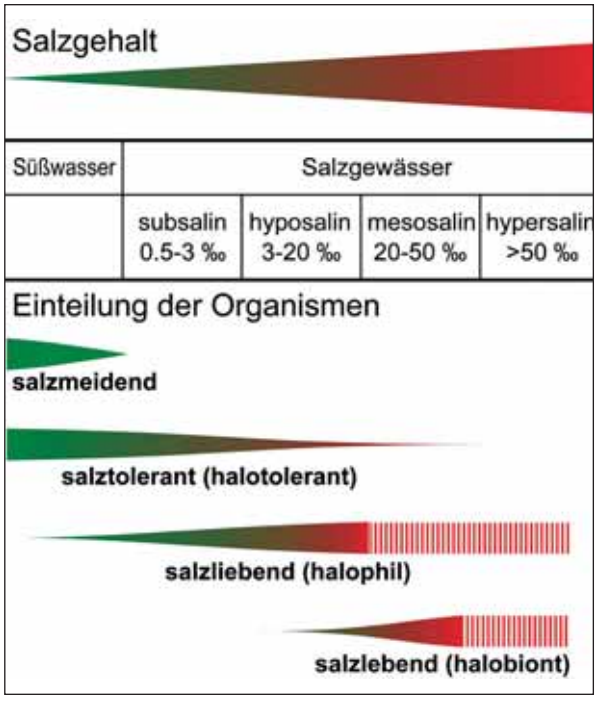


Abb. 14: Klassifikation der Salzbindung von Organismen nach der Salzkonzentration in ihrem aquatischen Lebensraum-Milieu *(Grafik: G. Wolfram).*

Die zweite Interpretation betont die Salzkonzentration. Halotolerante Arten wären demnach solche, die im Bereich geringer bis mäßiger Salzkonzentrationen leben, halophile dagegen jene, die ihren Schwerpunkt im mäßig salzigen Bereich haben. Halobionte Arten kämen schließlich nur im Bereich höchster Salzkonzentration vor (Abb. 14).

Eine dritte Interpretation wäre eine topographisch-statistische: „Halotolerant" (salzertragend) wären demnach Organismen, die regelmäßig auch an Salzstellen vorkommen, ihren Vorkommensschwerpunkt jedoch im Süßwasser oder auf nicht salzbeeinflussten Böden haben. Formal könnte man festlegen, dass 0 bis 50 % der Fundorte dieser Arten auf Salzstellen liegen. „Halophil" (salzliebend) wären dagegen Organismen, die vorwiegend auf Salzstandorten angetroffen werden. Analog könnte man festlegen, dass mindestens 50 % der Fundorte auf Salzstellen liegen müssen, um eine Art als halophil zu klassifizieren. Halobiont (salzbewohnend) wären gemäß der topographisch-statistischen Definition Organismen, die ausschließlich (zu 100 %) an Salzstandorten angetroffen werden.

Meinungsverschiedenheiten unter den Fachleuten sind oft die Folge unklarer Definitionen, und so scheint

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

es auch bei der Salzklassifikation von Organismen zu sein. Die Einschätzungen, ob eine bestimmte Art salzmeidend, halotolerant, halophil oder halobiont sei, differiert in der Regel in weitem Umfang. Der Laufkäfer *Bembidion minimum*, einer der charakteristischen und häufigen Bewohner der Seewinkel-Lackenufer (vgl. Kap. 8.8), wird bei KOCH (1989) als *„halotolerant"* eingeschätzt, bei HORION (1959) dagegen als *„halophil"*, LINDROTH (1985) charakterisiert die Art als *„halophilic or halobiontic"*. Diese Auffassungsunterschiede sind wohl auf die verschiedenen Interpretationen der Salzbindungsgrad-Kategorien zurückzuführen. Jede der oben genannten Definitionen ist darüber hinaus mit Problemen behaftet, was ihrer Anwendung Grenzen setzt.

Während die Klassifizierung nach der Physiologie und dem Grad der Anpassung auf den ersten Blick einfach und intuitiv einleuchtend erscheint, ist sie bei näherer Betrachtung sehr schwer zu formalisieren. Umgekehrt erscheint die Klassifizierung nach dem Vorkommen (hier als „topographisch-statistisch" bezeichnet) auf den ersten Anblick spröde, erweist sich aber in der Umsetzung als einigermaßen unproblematisch. Wir beginnen daher die nähere Erörterung der „Liebe in Abstufungen" mit dieser Klassifizierung.

3.2 Topographisch-statistische Klassifizierung

Am leichtesten anwendbar ist sicherlich die topographisch-statistische Interpretation der Salzbindungsklassifizierungen. Man unterteile die Fundorte einer Art in einer bestimmten Region in Salzstellen und Nicht-Salzstellen, errechne den Prozentsatz der Salzstellen – eine eindeutige Zuordnung ist erreicht. In der Praxis ergeben sich aber mehrere Schwierigkeiten:

(1) Die Positionierung der Fundorte-Auswahl muss repräsentativ und zufällig sein. Wenn ein Sammler nur Salzstandorte besucht hat, wird eine topographisch-statistische Klassifizierung zu lauter halobionten Arten führen, egal wie die Verteilung der Arten im Gelände tatsächlich aussieht.

(2) Die Klassifizierung hängt vom Flächenanteil der Salzstandorte in einer bestimmten Region ab. Manche Art präsentiert sich im Seewinkel als halophil, weil Salzbiotope hier viel häufiger sind als andere Biotoptypen, auf denen die Art vielleicht ebenfalls gut leben könnte.

(3) Die Lebensraumansprüche einer Art sind im Areal, das sie besiedelt, nicht einheitlich. Die Wegwespe *Anoplius infuscatus* lebt beispielsweise im Westen und Norden Europas auf Lehmböden und ist offenkundig feuchtigkeitsliebend. Im kontinental beeinflussten Osten sind dagegen von der Bindigkeit und Struktur her nur einige wenige Solontschakböden zum Nisten geeignet, die Art präsentiert sich hier als streng an Salzböden gebunden. Es ist in diesen Fällen möglicherweise zweckmäßig, von **regionaler Halophilie** zu sprechen, um deutlich zu machen, dass die Salzbindungs-Klassifikation möglicherweise nicht über das Areal der Art generalisierbar ist.

(4) Die Kategorien „halobiont" und „halophil" sind in der Praxis nicht klar gegeneinander abzugrenzen. Wegen der inselhaften Natur von Salzstandorten sind viele salzgebundene Arten gute Kolonisten, die auch weit entfernte Stellen aufsuchen und besiedeln können. Es ergibt sich daraus fast zwangsläufig, dass einzelne verflogene Individuen auf Nicht-Salzstandorten landen, nachgewiesen werden und somit die Klassifizierung als halobionte Art aufheben. Im strengen Sinne wäre so keine Art als halobiont einzustufen. Es ist deswegen zweckmäßig, den Begriff „halobiont" nach der topographisch-statistischen Klassifizierung etwas unschärfer zu fassen, und etwa Arten hierunter zu subsumieren, deren Vorkommen zu über 90 % auf Salzboden liegen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

(5) Randeffekte können die Sinnhaftigkeit der Kategorie „halotolerant" unterminieren. Jede Salzstelle ist von anderen Lebensräumen umgeben, und einzelne Individuen werden immer wieder ein Stück weit in die Salzstelle eindringen. Die Ränder von Lebensraumtypen sind keine starren fixen Grenzen, sondern besser als semipermeable Membranen (FORMAN & MOORE 1992) zu verstehen. Die Abgrenzung von Arten, die typischerweise auch auf Salzstellen leben und solchen, die zufällig vom Rande her einstrahlen, ist schwer zu ziehen. SPARMBERG et al. (1997) kommen daher zu einer pointierten Schlussfolgerung: *„Der Begriff ‚halotolerant' wird daher im Weiteren vermieden, da er aus pragmatischer Sicht auf alle Individuen zutrifft, die an der Salzstelle angetroffen wurden, inclusive [sic] des Sammlers."*

3.3 Klassifikation nach Salinität

Die Klassifikation nach der Salinität des Mediums ist für aquatische Organismen mitunter zweckmäßig. Im Wasser stellt die Salzkonzentration ein Kontinuum dar, vom Süßwasser (< 0,5‰ Salzkonzentration) über Brackwasser bis zum hypersalinen Salzgewässer (> 50‰ Salzkonzentration (vgl. Abb. 14)). Viele Arten können nur ein bestimmtes Spektrum innerhalb dieser Spanne nutzen, zum Beispiel Brackwasser mäßiger Salzgehalte. Im terrestrischen Bereich ist weniger die aktuelle Konzentration als die Schwankungsbreite der Salzkonzentration entscheidend. Terrestrische Organismen in Salzböden müssen den Wechsel von Aussüßung bis hin zu Salz-Inkrustierung vertragen. Eine Klassifikation der terrestrischen Organismen auf dieser Grundlage (wie z. B. von RUEDA & MONTES 1987 unternommen) erfordert in jedem Falle lange Messreihen. Weniger als die Mittelwerte wären wohl die Spannweiten für eine Einteilung der Salzorganismen heranzuziehen. Die Klassifikation nach der Salzkonzentration und die topographisch-statistische Klassifikation müssen dabei keine identischen Resultate erbringen. Arten, die schwerpunktmäßig auf Salzstandorten geringer Salinität vorkommen, wären nach der topographisch-statistischen Definition halophil, nach der Salzkonzentrations-Definition dagegen halotolerant.

3.4 Klassifikation nach dem Grad der Anpassung

Am schwierigsten ist die Einteilung der Salzorganismen nach dem Grad ihrer Spezialanpassung. Es erscheint verführerisch, für topographisch halobionte Organismen Spezialanpassungen anzunehmen und nach solchen zu suchen; irgendetwas muss diese Arten schließlich dazu prädestinieren, Lebensräume aufzusuchen und zu besiedeln, die anderen Arten verschlossen bleiben. Seit der Kritik von GOULD & LEWONTIN (1979) sind unkritische Rückgriffe auf das Anpassungs-Konzept fragwürdig geworden. Mehr oder minder konstruierte Anpassungsgeschichten (*„story-telling"*, GOULD & LEWONTIN 1979) erklären meist weniger als sie vernebeln. Gemäß dem Programm der Adaptionisten sollte sich jedes Merkmal des Organismus gleichsam als von Selektionsdrucken der Umwelt modelliert erklären lassen. Bestimmte Anforderungen der Umwelt – etwa hohe Salzgehalte im Boden oder im Wasser – selektieren Formen, welche die Anforderungen nach und nach besser erfüllen. Der Prozess wird ebenso „Anpassung" genannt, wie die entstehenden speziellen Merkmale als „Anpassungen" an bestimmte Umweltfaktoren, hier Salzgehalt, bezeichnet werden.

Die Probleme beginnen jedoch immer wieder dort aufzubrechen, wo die eindimensionale Reduktion des Organismus auf bestimmte Lebensraumansprüche fragwürdig erscheint. Der Hundertfüßler *Lamyctes emarginatus* beispielsweise ist im Seewinkel sehr zahlreich auf trockengefallenen Salzlackenböden an-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

zutreffen. Es läge nahe, diese Art als halobiont zu klassifizieren und besondere Anpassungen an den Faktor Salz bei dieser ungewöhnlichen Art anzunehmen. In Wirklichkeit ist die Art aber darauf spezialisiert, lange ungünstige Perioden im Eistadium überstehen zu können. Die Eier ertragen Kälte, Salz und lang andauernde Überstauung, die Entwicklung des parthenogenetischen Tieres läuft sehr rasch ab und ermöglicht in kurzer Zeit die Besiedlung des trockengefallenen Territoriums (ZULKA 1992).

Die Südrussische Tarantel *Lycosa singoriensis* kommt im Seewinkel auf hypersalinen Salzinkrustationen, oft am Rande von Salzkresse-Polstern, vor (Abb. 15, vgl. MILASOWSZKY & ZULKA 1998). Gemäß der Klassifikation nach Salinität müsste die Art demnach als halobiont eingestuft werden und man könnte nach speziellen Anpassungen fragen, die ihr so ein Leben ermöglichen.

Die Bindung an den Faktor Salz erweist sich aber als eine sehr indirekte. Große Wolfsspinnen nützen ihre Wohnröhre auf raffinierte Weise als Thermoregulator (HUMPHREYS 1975). Bei mäßiger Einstrahlung sonnen sich die Tiere am Eingang und exponieren den Hinterleib, der Körper erwärmt sich. Bei sehr hohen Temperaturen verkriechen sich die Tiere dagegen tiefer in der Röhre und verhindern so eine Überhitzung. Dieser Temperaturregulierungsmechanismus funktioniert aber nur dann, wenn die Wohnröhre völlig unbeschattet frei in der Sonne liegt und auf absehbare Zeit nicht überwachsen werden kann. Dicke Salzinkrustationen sind eine Gewähr dafür, dass die Umgebung der Wohnröhre offen bleibt, da sich auf solchen Böden kein dichter Pflanzenwuchs etablieren kann. Obwohl die Südrussische Tarantel ihre Wohnröhren nie an tiefen Stellen von Mulden anlegt, sondern immer im Übergangsbereich zu Vegetationspolstern (z. B. *Artemisia santonicum* oder *Lepidium cartilagineum*), sind diese doch ziemlich überflutungsgefährdet. Die Spinne ist aber pelzig behaart (was ihr den populären Namen Bärenspinne eintrug) und kann einige Zeit unter Wasser aushalten, wobei sie mit der hoch konzentrierten Salzlösung durch den Luftmantel, der sie umgibt, nicht in Berührung kommt. Überflutungstoleranz ist bei dieser Art, wie bei vielen Arten der Meeresküste, offensichtlich gleichbedeutend mit Salztoleranz; der Trick besteht darin, den Kontakt mit dem salzhältigen Medium gar nicht erst zuzulassen.

Abb. 15: Lebensraum von halobionten Arten. Das Vorkommen der Salzkresse *Lepidium cartilagineum* weist auf extreme Standortbedingungen hin, der pH-Wert der Bodenlösung kann 10 bis über 11 betragen *(Foto: K. P. Zulka, 4.5.1997)*.

Es ist also schwierig, die oft komplexen und multidimensionalen Beziehungen zwischen Umwelt und Organismus auf einzelne „Anpassungen" zu reduzieren. Organismen sind nicht Ansammlungen von unabhängig voneinander entstandenen Merkmalen. Man kann den haarigen Pelz der Südrussischen Tarantel als Anpassung an die Gefahren der Überflutung mit Salzlauge in ihrem Lebensraum zu erklären versuchen, wahrscheinlicher ist allerdings, dass die besonders dichte Behaarung von *Lycosa singoriensis* alle möglichen Funktionen erfüllt und unter anderem der Spinne als Nebeneffekt gestattet, auch in salzbeeinflusste Gebiete vorzudringen.

In manchen Fällen sind aber echte physiologische Mechanismen für die Salzbindung ausschlaggebend. Diese Fälle werden getrennt nach Pflanzen und Tieren im Kapitel 4 beschrieben.

Topographisch-statistische Halobionz sagt also noch nichts über die Mechanismen aus, die ein Leben im salinen Milieu ermöglichen. Für viele topographisch

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

halophile oder halobionte Arten ist nicht einmal sicher, ob sie ihr physiologisches Optimum im salinen Bereich haben. Mit dem Salz in der Umgebung fertig zu werden ist oft energieaufwendig; spezielle Ionenpumpen sind erforderlich, um das mit der Nahrung aufgenommene Salz wieder loszuwerden. Die Hypothese, topographische Halophilie sei in Wirklichkeit eher ein Zurückweichen vor Konkurrenten, Prädatoren und Parasiten, die in dem suboptimalen Milieu noch schlechter zurechtkommen als der Organismus selbst, scheint für viele salzgebundene Arten nicht abwegig und hat auch für einige Pflanzen- und Tierarten experimentelle Bestätigung erfahren (Übersicht in FOSTER & TREHERNE 1976). Topographische Vorlieben erweisen sich so als Ergebnisse komplexer Einflussfaktoren; Habitatbindung ist der kleinste gemeinsame Nenner aus physiologischen Möglichkeiten, speziellen Prädispositionen und biotischen Wechselwirkungen.

3.5 Schlussfolgerungen

Es muss nicht überraschen, wenn die Kategorien „halotolerant", „halophil" und „halobiont" für die meisten Arten umstritten sind. Sie repräsentieren drei recht einfach gezimmerte statische Schubladen für ein umfangreiches, zeitlich wie räumlich veränderliches Beziehungsgefüge. Konzeptuell am klarsten und damit am ehesten umsetzbar ist wohl noch die topographisch-statistische Klassifizierung; die Repräsentativität der Stichprobe als Basis dieser Klassifizierung ist aber wohl niemals streng gegeben. Am zweckmäßigsten ist die topographisch-statistische Klassifizierung für einen definierten Bezugsraum. Solch eine topographische Einteilung sagt aber noch nichts über die Kausalitäten der Habitatbindung, geschweige denn über die Vorlieben der Arten aus. Die genauen Kenntnisse der Biologie, der ökologischen Wechselbeziehungen und der physiologischen Leistungen sind für die Interpretation der Habitatbeziehung notwendig, aber bisher für kaum eine salzstandortgebundene Art vollständig verfügbar.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4 Physiologische Anpassungen von Pflanzen und Tieren an Salzstandorte

4.1 Terrestrische Pflanzen

von Roland Albert

4.1.1 Einleitung

Wo immer man Landstriche betritt, deren Böden überdurchschnittlich hohe Konzentrationen an leicht löslichen Salzen aufweisen, tritt der Anteil der vertrauten Pflanzenarten zurück, und fremdartige, gelegentlich skurril anmutende, extrem sukkulente Formen lenken die Aufmerksamkeit auf sich. Unter „Sukkulenz" versteht man die Ausbildung von Organen mit großen, sehr wasserreichen Zellen (siehe Kap. 4.1.6).

Von jeher bekundeten Botaniker ihr großes Interesse für diese Halophyten. Dem Vegetationsökologen bietet die halophile Vegetation ein Beispiel für die klare und überschaubare Abhängigkeit einzelner Arten und ganzer Pflanzengesellschaften von einem einzigen, stark dominierenden ökologischen Faktor, dem Salzgehalt des Bodens. Doch auch physiologisch und biochemisch orientierte Botaniker und Ökologen faszinierte das eindrucksvolle Naturexperiment zur Salzeinwirkung auf die Vegetation. Sie fanden höchst interessante Anpassungsstrategien auf chemisch-physiologischer Ebene, die erst seit ca. einem Vierteljahrhundert in den wesentlichen Punkten aufklärt werden konnten. Nicht zuletzt hat auch aus praktischen Gründen kaum eine Pflanzengruppe insgesamt mehr an wissenschaftlicher Zuwendung erfahren als unsere Halophyten: Ausgedehnte Landflächen in Trockengebieten unserer Erde bleiben von einer landwirtschaftlichen Nutzung ausgeschlossen, da die Böden teils von Natur aus, vielfach aber als Folge eines unbedachten Umganges mit salzbeladenem Gießwasser im Zuge großflächiger künstlicher Bewässerung für den Anbau von Nutzpflanzen kaum mehr geeignet sind, bzw. nach längerer Nutzung sogar gänzlich unbrauchbar wurden. In diesem Zusammenhang bemühen sich neuerdings auch Molekularbiologen und Gentechniker, dem Problem der Salzschädigungen durch gentechnische Manipulationen an gewissen Kulturarten zu Leibe zu rücken. Da – wie noch zu zeigen sein wird – das Syndrom „Salztoleranz" sehr komplex ist und bei den natürlich salzangepassten Taxa jeweils eine Reihe spezieller Merkmale auf anatomisch-morphologischer, physiologischer und biochemischer Ebene harmonisch zusammenspielen müssen, sind die Erfolge dieser Bemühungen bislang eher bescheiden geblieben.

Wenn wir die Probleme der Pflanzen an Salzstandorten, aber auch die diversen Toleranz- und Anpassungsmechanismen an hohe Ionenkonzentrationen im Boden besprechen, dann müssen wir etwas weiter ausholen und uns kurz mit der Rolle von mineralischen Ionen für das Leben der Pflanzen, mit den Prinzipien ihrer Aufnahme, aber auch etwas mit der Struktur pflanzlicher Zellen befassen (vgl. dazu MARSCHNER 1986, SCHULZE et al. 2002, SITTE et al. 2002).

4.1.2 Zur allgemeinen Rolle von mineralischen Ionen im Pflanzenleben: stoffwechselphysiologische und osmotische Bedeutung

Die Pflanzen sind ja als photoautotrophe Organismen in der Lage, aus anorganischen Grundstoffen und Wasser unter Einwirkung der Sonnenenergie ihren Körper aufzubauen und zu erhalten. So wird nicht nur das CO_2 im Zuge der Photosynthese zu wertvollen organischen Verbindungen umgewandelt, sondern es werden auch zahlreiche, in Form von negativ oder positiv geladenen Ionen aufgenommene Mineralstoffe und anorganischer Stickstoff entweder direkt in diese wertvollen Bau- und Betriebsstoffe mit eingebaut bzw. für spezielle Lebensprozesse benötigt. Neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

sind Stickstoff, Phosphor und Schwefel zu sehr hohen Anteilen direkt in den vielfältigen hoch- und niedermolekularen organischen Verbindungen enthalten, während die ebenfalls in großen Mengen benötigten Nährstoffionen Kalium, Magnesium und Kalzium alle Stoffwechselprozesse entscheidend mitsteuern.

Im eigentlich lebenden Teil von Pflanzenzellen, im Cytoplasma (Abb. 16) muss ein geeignetes Ionenmilieu herrschen, damit die enzymatischen Prozesse optimal ablaufen können; man spricht in diesem Zusammenhang von „Enzymaktivatoren" oder „Enzymeffektoren". Im Wesentlichen geht es dabei um komplexe chemisch-physikalische Wechselwirkungen zwischen den anorganischen Ionen und den ebenfalls geladenen Enzymmolekülen. Für die Aufrechterhaltung eines optimalen Ladungsmusters und damit einer optimalen Funktion von Enzymen sind sowohl die Gesamthöhe als auch die relativen Konzentrationen der einzelnen Ionen im Cytoplasma von Bedeutung. Bei dieser Optimierung des enzymatischen Reaktionsmilieus fallen insbesondere dem Kalium und dem Magnesium Schlüsselrollen zu. Natrium kann trotz seiner chemischen Verwandtschaft zu Kalium dessen Funktion nur in sehr geringem Ausmaß übernehmen.

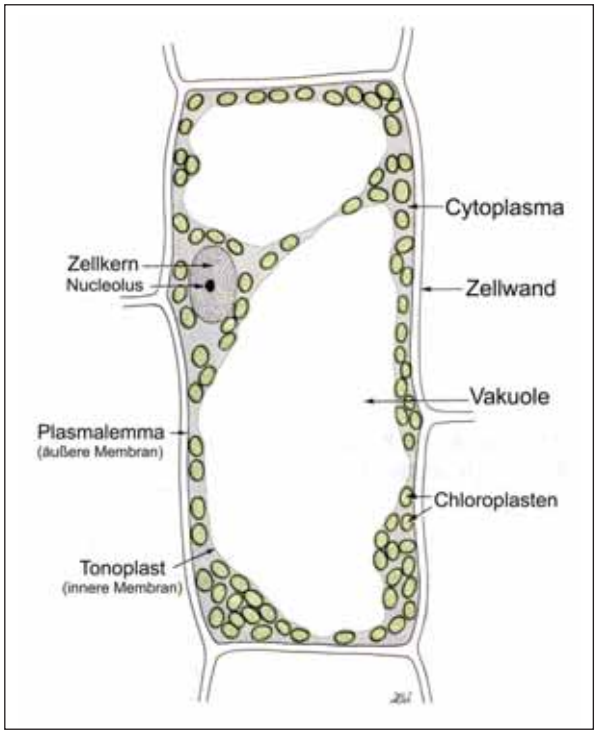


Abb. 16: Schema einer grünen Pflanzenzelle. Das Cytoplasma ist dasjenige Zellkompartiment, in dem sich das gesamte zelluläre Lebensgeschehen abspielt; es ist durch zwei Biomembranen gegen die umgebenden leblosen Zellkompartimente abgegrenzt: durch den Tonoplasten gegen die zentrale Vakuole (Zellsaftraum) nach innen und durch das Plasmalemma gegen die feste Zellwand nach außen. Diese beiden Biomembranen steuern den geordneten Stoffaustausch zwischen dem Cytoplasma und seiner Umgebung. Die Plastiden sind die Orte der Photosynthese, der Zellkern ist Sitz der Erbsubstanz. Zu beachten ist, dass im typischen Falle ausdifferenzierter Blattzellen der zentrale Zellsaftraum ca. 90 bis 95 % des Gesamtvolumens der Zelle einnimmt!

Die zweite wichtige Rolle der Mineralstoffionen ist deren osmotische Funktion. So stellen vor allem die Kationen Kalium und Magnesium neben einer Vielzahl von löslichen niedermolekularen Substanzen (Zucker, organische Säuren, Aminosäuren etc.) schon im Cytoplasma ein bestimmtes osmotisches Potenzial[1] ein, wodurch das Wasserpotenzial abgesenkt wird. Besonders im zentralen Zellsaftraum (Vakuole), einem an sich leblosen Zellkompartiment (Abb. 16), stehen anorganische Ionen als Osmotika absolut im Vordergrund. Es sind dies wiederum Kalium, Magnesium und – besonders auf kalkreichen Standorten – Kalzium. Osmotisch wirksam sind teils anorganische Anionen (Nitrat, Sulfat, Phosphat und

[1] In destilliertem Wasser ist dieses definitionsgemäß optimal verfügbar, sein „Wasserpotenzial" (WP) wird gleich 0 gesetzt. Alle gelösten Stoffe verringern die Verfügbarkeit des Wassers im System und setzen das WP herab, da infolge der Raumkonkurrenz der gelösten Stoffe mit den Wassermolekülen letztere in geringerer Konzentration (= als Zahl der Moleküle pro Volumseinheit) zugegen sind. Physikalisch-chemisch formuliert ist das WP eine Druckgröße und wird in mega-Pascal ausgedrückt. Auf die nähere Theorie zum WP kann im Rahmen dieser Darstellung nicht weiter eingegangen werden. Da das WP entsprechend der oben gegebenen Definition in jeder wässrigen Lösung eines Stoffes kleiner als 0 sein muss, nimmt es gegenüber dem Wert in destilliertem Wasser stets eine negative Zahl an. Ein „hohes" WP ist daher ein „weniger negatives" WP, und ein „geringes" oder „tiefes" WP ist ein „stark negatives" WP mit einem numerisch größeren Wert mit negativem Vorzeichen. Dies kann daher zu gewissen Missverständnissen führen. Es muss noch erwähnt werden, dass neben gelösten Teilchen auch andere Faktoren, wie (negativer oder positiver) hydrostatischer Druck, Temperatur, diverse sogenannte „matrikale" Effekte etc. das WP mitbestimmen. Sind vor allem gelöste Substanzen im Spiel, kann das WP der Lösung seinem osmotischen Potenzial gleichgesetzt werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Chlorid), teils organische Säuren (Äpfelsäure, Zitronensäure, Oxalsäure etc.). Auch Zucker (Saccharose, Glucose, Fructose) spielen eine gewisse Rolle. Mit Blick auf unsere Halophytenfrage sei an dieser Stelle vermerkt, dass in dieser osmotischen Funktion im Zellsaft das Kalium sehr wohl von Natrium ersetzt werden kann und dass Chlorid ein regelmäßiger Bestandteil des Zellsafts höherer Pflanzen ist: auch sehr hohe vakuoläre Konzentrationen von Natrium und Chlorid sind ungefährlich, weil es sich ja um ein lebloses Zellkompartiment handelt, in dem keine Stoffwechselprozesse stattfinden!

4.1.3 Die Pflanzenzelle als osmotisches System

Die Gesamtkonzentration an gelösten Stoffen in der zentralen Vakuole, die mit ca. 90-95 % den weitaus größten Anteil am gesamten Zellvolumen einnimmt (Abb. 16), beträgt im Normalfall 0,2-0,5 Mol l^{-1}. Diese relativ hohe Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen[2] – wie oben ausgeführt, hauptsächlich anorganische Ionen – ist die Grundlage des Funktionierens der pflanzlichen Zelle als ein osmotisches System. Hauchdünne Plasmagrenzschichten (Biomembranen) umgeben das lebende Cytoplasma nach außen (Plasmalemma) gegen die Zellwand und nach innen (Tonoplast) gegen die Vakuole und sorgen für einen geregelten Stoffaustausch (Abb. 16): Dank der „Semipermeabilität", der „Halbdurchlässigkeit" von Biomembranen diffundiert Wasser mehr oder weniger ungehindert in beide Richtungen, während alle anorganischen Ionen und organischen Verbindungen nur über ganz spezielle, in der Biomembran verankerte Transportsysteme in geregelter Weise durchgeschleust werden können. Wie alle Stoffe, so hat auch Wasser das Bestreben, entlang seines Konzentrationsgradienten zu diffundieren und einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Daher kann es nur aus Systemen mit hoher Wasserkonzentration (also hohem „Wasserpotenzial", Idealfall destilliertes Wasser!) in Systeme mit niedrigem Wasserpotenzial (also etwa in Lösungen mit hohen Konzentrationen diverser anorganischer und organischer Stoffe) fließen. Das niedrige Wasserpotenzial der Blattzellen sorgt also dafür, dass die transpirationsbedingten Wasserverluste (siehe unten) durch Wassernachlieferung aus dem Boden auf osmotischem Wege problemlos ersetzt werden können.

Pflanzenzellen sind von einer starren Zellwand umgeben (Abb. 16), die nur eine beschränkte Elastizität besitzt. Dadurch erzeugt das osmotisch in das Zellinnere einströmende Wasser einen positiven hydrostatischen Druck, der als Turgordruck bezeichnet wird. Die Aufrechterhaltung eines hohen Turgordrucks auf der Basis ausreichender Mengen an osmotisch wirksamen Stoffen in den Zellen ist für alle höheren Pflanzen als strukturerhaltendes Prinzip von fundamentaler Bedeutung: Zum einen wird bei hohem Turgordruck (volle Turgeszenz) das Cytoplasma der Zellwand angedrückt, sodass es dieser als relativ dünner Wandbelag dicht anliegt. Zum anderen stützen sich die zahlreichen unter Druck stehenden und miteinander in engem räumlichem Kontakt stehenden Zellen gegenseitig fest ab und bedingen bei minimalem Einsatz von mechanischen Stützelementen insgesamt eine flache und ausgebreitete Blattgestalt. Welke Blätter hängen schlaff von den Stängeln, weil durch Turgorverlust die gegenseitige Abstützung nicht mehr funktioniert.

4.1.4 Die Aufnahme von Wasser und Nährstoffionen ist untrennbar miteinander verbunden

Das die Wurzel umspülende Bodenwasser sickert zunächst ungehindert in die äußeren Gewebsschichten der Wurzeln (Wurzelrinde) ein. Im Inneren der Wurzeln befindet sich jedoch eine höchst wirksame Sperrschicht, die Endodermis, deren Wände mit korkähnlichen, wasserabstoßenden Substanzen imprägniert sind. Spätestens an dieser Stelle muss also die Bodenlösung in die lebenden Zellinhalte aufgenommen werden, was de facto einer sehr effektiven „Filtrierung" der Bodenlösung gleichkommt: Wasser kann die Zellmembranen ungehindert passieren, während für alle anorganischen Ionen hochspezialisierte Aufnahmesysteme vorhanden sind. Im Wesentlichen sind dies hochkomplexe Transportproteine mit io-

2 Vergleiche dazu den Gehalt an osmotisch wirksamen Stoffen im menschlichen Blut (0,296 Mol l^{-1}), das entspräche einer isotonischen Kochsalzlösung von 8,65‰. Meerwasser (rd. 34‰) weist einen Gehalt an osmotisch wirksamen Salzen von rund 0,6 Mol l^{-1} auf.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

nenselektiven Poren („Tunnelproteine"), durch welche Ionen unter Energieverbrauch und auch gegen ein starkes Konzentrationsgefälle durch die äußere Zellmembran ins Cytoplasma gepumpt werden.

Für alle essenziellen Nährstoffionen sind bisher derartige selektive Aufnahmesysteme nachgewiesen worden, auch für Chlorid. Die Alkaliionen (Kalium und Natrium) werden über ein gemeinsames Ionenaufnahmesystem aufgenommen, das jedoch ausgesprochen Kalium-affin ist, sodass Höhere Pflanzen reichlich Kalium, jedoch nur Spuren von Natrium anreichern, soferne Natrium nicht in überdurchschnittlich hohen Konzentrationen vorliegt, wie dies eben in Salzböden der Fall ist. Eine Ausnahme stellt die Familie der Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae) dar, innerhalb derer es zahlreiche Nachweise für eine Natrium-Selektivität der Alkaliionenaufnahme gibt.

Zum Verständnis der Situation für Salzpflanzen (siehe weiter unten) sind zwei wichtige systemimmanente Schwachstellen für die Ionenaufnahme im Bereich der Wurzeln zu beachten: Die oben erwähnte Endodermis ist als wichtige Sperrschicht im Bereich der kontinuierlich wachsenden embryonalen Wurzelspitzen noch nicht ausdifferenziert. Hier kann also die Bodenlösung mit allen ihren gelösten Ionen – auf Salzboden also reichlich Natrium und Chlorid – auf dem Weg über die Zellwände direkt in die Leitbahnen der Pflanze eindringen und mit dem Betriebswasser in die Blätter weiter transportiert werden! Die zweite Schwachstelle der Ionenaufnahme sind die zahlreichen Seitenwurzeln, die in komplizierter Weise im Inneren der Hauptwurzeln angelegt werden. Auch an diesen Stellen kann die Bodenlösung direkt und ungefiltert in die Leitungsbahnen gelangen.

Angetrieben wird der gesamte Wasser- und Ionentransport durch den Sog, der von den transpirierenden Blättern ausgeht. Die Gefäße in Wurzeln, Stängeln und Blättern sind der gemeinsame Weg für Wasser und Ionen. Im Blatt treten die Ionen und das Wasser wieder aus den Gefäßen aus und verteilen sich zunächst im Zellwandsystem. Wasser wird bei Bedarf osmotisch in die Blattzellen aufgenommen, wird aber großteils über die Spaltöffnungen in Dampfform abgegeben, während die mittransportierten Ionen wiederum mittels Energieeinsatz und selektiv in die lebenden Bereiche der Blattzellen aufgenommen werden müssen.

Wir halten fest, dass ein Zusammenwirken von steuerbaren, selektiven Ionenaufnahmesystemen mit passiven, unspezifischen Einsickerungsvorgängen den Mineralstoff- und Ionenhaushalt der höheren Pflanzen charakterisiert. Die zweite Komponente, die anschaulich als „Ausschließungs-Unvermögen" bezeichnet wird, gewinnt bei steigenden äußeren Ionenkonzentrationen, wie sie etwa auf unseren Salzböden herrschen, mehr und mehr an Bedeutung.

Vor diesem theoretischen Hintergrund werden die Ursachen für die negativen Salzwirkungen auf Höhere Pflanzen, aber auch die Strategien einer erfolgreichen Anpassung nun besser verständlich.

4.1.5 Die drei Wirkungsebenen bei überhöhtem Salzangebot

In einem kleinen Gedankenexperiment wollen wir nun den Standort einer Pflanze, deren allgemeine Eigenschaften auf den Ebenen ihres Mineralstoff- und Ionenhaushaltes sowie ihres Wasserhaushaltes vorhin in groben Zügen skizziert wurde, reichlich mit Natrium und Chlorid (also Kochsalz) behandeln. Eine Risikoabschätzung lässt drei Wirkungsebenen erkennen, die in Wirklichkeit eng ineinander greifen und Entwicklungsstörungen, Wachstums- und Ertragseinbußen der betroffenen Pflanzen bedingen (vgl. dazu ALBERT 1982, LAMBERS et al. 1998, SCHULZE et al. 2002). Grundsätzlich gelten ähnliche Zusammenhänge für alle mineralischen Ionen, die in höheren Konzentrationen im Medium vorliegen, also auch für Magnesium und Sulfat, die neben Kochsalz weitere wichtige Bestandteile unserer Salzböden sind.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die osmotische Wirkungsebene

Natrium- und Chloridionen sind gut wasserlöslich und senken daher das Wasserpotenzial der Bodenlösung drastisch ab, sodass auch bei reichlich vorhandenem Wasser dessen osmotische Aufnahme in die Pflanzen erschwert ist. Man sagt, Salzstandorte sind „osmotisch belastet". Ein bedeutender Ökologe, A. F. W. Schimper hat bereits vor über 100 Jahren diesen Sachverhalt erkannt und die sehr treffende Analogie gezogen, wonach Salzpflanzen einer „physiologischen Trockenheit", Pflanzen an trockenen Standorten hingegen einer „physikalischen Trockenheit" ausgesetzt wären (SCHIMPER 1898). Als eindrucksvollstes Beispiel nennt Schimper die Mangroven-Bäume an tropischen Meeresküsten, die – gleichwohl sie mit den „Füßen im Wasser" stehen – dennoch der permanenten Gefahr einer Austrocknung durch osmotischen Wasserentzug unterworfen sind. Wir können verallgemeinern, dass Salzpflanzen einem „osmotischen Stress" ausgesetzt sind.

Die Wirkungsebene auf die Ionen- und Salzaufnahme

Auf die „Schwachstellen" der Ionenaufnahme im Bereich der embryonalen Wurzelspitzen und Seitenverzweigungen wurde schon aufmerksam gemacht. Hält man sich die reich verzweigten Wurzelsysteme mit den zahlreichen Wurzelspitzen und Verzweigungen vor Augen, so werden die Schätzungen einiger Wissenschaftler glaubhaft, wonach schon auf nicht salzbelasteten Böden bis zu 25 % der aufgenommenen Ionen über diese nicht kontrollierbaren Aufnahmewege in die Pflanze gelangen. Bei steigenden Außenkonzentrationen dürfte dieser Prozentsatz passiv eingeschwemmter Salzionen noch beträchtlich höher liegen. Infolge eines schwierigen experimentellen Zugangs zu dieser Frage fehlen allerdings exakte Angaben.

Die hohen Konzentrationen der beiden Salzionen Natrium und Chlorid im Medium führen weiters dazu, dass die äußeren Plasmagrenzschichten der Wurzelzellen die Eigenschaft der Semipermeabilität bzw. des selektiven Ionentransports verlieren. Ab bestimmten Konzentrationsschwellen werden Biomembranen von Ionen einfach „überrannt", die dann mit der Massenströmung des Wassers direkt in die lebenden Zellinhalte eindringen bzw. in die Blätter weitertransportiert werden. Wir halten also zunächst fest, dass die im Überschuss angebotenen „Ballastionen" auf verschiedenen Wegen in die Pflanzen eindringen können.

Wie verhält es sich nun mit der Aufnahme essenzieller Nährelemente unter den Sonderbedingungen eines einseitigen sehr hohen Angebotes an Fremdionen? Hier haben Untersuchungen vor allem an Kulturpflanzen immer wieder gezeigt, dass dank der genetisch fest verankerten Grundeigenschaft der Selektivität der pflanzlichen Nährstoffaufnahme die Versorgung mit den Hauptnährionen Nitrat bzw. Ammonium, Phosphat, Sulfat, Kalzium und Magnesium auch bei einem um Größenordnungen höheren Überschuss an Natrium- und Chloridionen weitgehend aufrecht erhalten werden kann. Dagegen ist an vielen Beispielen gut dokumentiert, dass das unter Normalbedingungen fast ausschließlich nur Kalium transportierende Alkaliionen-Aufnahmesystem der Pflanzen bei stark ansteigenden Salzkonzentrationen im umgebenden Medium neben dem Kalium auch das (chemisch verwandte) Natrium „erkennt" und aktiv in die Wurzelzellen pumpt. Unsere versalzte Modellpflanze kommt dadurch in zunehmende Schwierigkeiten, sich mit Kalium zu versorgen, auch wenn dieses Ion ausreichend im Boden vorhanden ist. Diese Situation eines „relativen Nährstoffmangels" wird noch dadurch verstärkt, dass Natrium zellintern das Kalium von seinen vielfältigen Wirkungsorten (insbesondere von Enzymoberflächen) verdrängt. Natrium kann dort zwar anbinden, vermag aber Kalium nicht oder nur teilweise in dessen Schlüsselfunktionen zu ersetzen. Diese Gedanken führen uns aber schon zur nächsten Wirkungsebene.

Die Wirkungsebene der Salztoxizität

Die angekurbelte Aufnahme von Natrium und Chlorid bei erhöhtem Salzangebot führt uns zwangsweise zur Frage der Salztoxizität. Wir können uns dabei auf den lebenden Zellinhalt, das Cytoplasma, konzentrieren (Abb. 16) und direkt an den Bemerkungen zur allgemeinen Funktion von anorganischen Ionen

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

im Zusammenhang mit den Lebensprozessen anschließen. Die optimalen Konzentrationen, bei denen die erwähnten „Enzymaktivatoren" ihre volle Wirksamkeit entfalten, betragen ca. 50-150 mMol l^{-1}. In-vitro-Versuche mit einer Reihe von isolierten Enzymen[3] aus salzempfindlichen Kulturpflanzen, aber auch aus extrem salztoleranten Halophyten (Glasschmalz, Spieß-Melde u. a.) haben gezeigt, dass Zugabe hoher Konzentrationen an Natrium und Chlorid, aber auch anderer anorganischer Ionen (ja sogar des Kaliumions selbst!), zu einem regelmäßigen starken Abfall der Enzymaktivitäten führt. Die Ursache dafür ist die veränderte Gestalt der Enzymoberfläche aufgrund der veränderten Ladungsverhältnisse und der wasserentziehenden Wirkung der Salzionen. Daneben konnte auch gezeigt werden, dass Natrium bei der Aktivierung der Enzyme im Niederkonzentrationsbereich (ca. 50-150 mMol l^{-1}) das essenzielle Kalium nicht oder nur teilweise in seiner Wirksamkeit ersetzen kann. Darauf wurde weiter oben schon hingewiesen. Salzionen treten weiters mit allen Biomembranen in Wechselwirkung, deren wichtige Funktionen (vor allem Abschirmung nach außen und geregelte Stofftransporte) dadurch gestört werden.

Angesichts der negativen Wirkung auf fundamentale Bereiche im zellulären Lebensgeschehen ist leicht einsichtig, dass schon bei mäßiger Versalzung die feine Balance zwischen den zahllosen gleichzeitig ablaufenden und gut aufeinander abgestimmten Stoffwechselreaktionen aus dem Gleichgewicht geraten muss. Tatsächlich liegen in der einschlägigen Literatur Beobachtungen über salzbedingte Störungen in allen wichtigen Stoffwechselbereichen der Pflanzen in großer Zahl vor. Die hier aus Platzgründen nur skizzenhaft dargestellten komplexen Wirkungsmechanismen liefern uns nun den Schlüssel zum Verständnis der wichtigsten Anpassungsmechanismen von Halophyten.

3 Beim "in-vitro-Test" werden in geeigneten Puffersalzgemischen Enzyme aus Pflanzengewebe extrahiert und im Reagenzglas hinsichtlich der Wirkung bestimmter Faktoren, wie etwa anwesende Ionen, unterschiedliche pH-Werte oder Temperaturen etc. auf ihre Aktivität geprüft. Als Maß dafür gilt die pro Zeiteinheit und definierter Pflanzenmasse umgesetzte Substratmenge.

4.1.6 Anpassungsstrategien

Osmotische Anpassung

Quantitative Bestimmungen von osmotisch wirksamen Inhaltsstoffen, wie etwa der beiden Salzionen Natrium und Chlorid, der übrigen anorganischen Mineralstoffionen, von Zuckern, organischen Säuren und anderen niedermolekularen organischen Verbindungen (allgemein auch „Osmolyte" genannt) haben gezeigt, dass sich Pflanzen an Salzstandorten regelmäßig osmotisch anpassen, um auch bei abgesenktem Wasserpotenzial (also bei „osmotischer Belastung") des Mediums ihre Wasserversorgung zu sichern. Die beiden Salzionen selbst, die – wie wir gehört haben – zum Großteil auf passivem Wege aufgenommen werden, nehmen dabei stets eine wichtige Rolle ein. Die Nutzung des reichlich vorhandenen Bodensalzes zur osmotischen Anpassung ist durchaus verständlich, wenn man bedenkt, dass andere Ionen unter beträchtlichem energetischem Aufwand aktiv aufgenommen werden müssen, bzw. dass die erwähnten organischen Osmolyte ebenfalls unter hohem Energieaufwand synthetisiert werden müssen. Die Intensität der Salzspeicherung der einzelnen Halophytenarten ist jedoch von Fall zu Fall sehr unterschiedlich, und auch das Muster der sonstigen osmotisch wirksamen Ionen und organischen Verbindungen variiert qualitativ und quantitativ beträchtlich. Es zeigen sich dabei auch deutliche taxonomische Zusammenhänge: Vertreter der Gänsefußgewächse, allen voran Salzmelde *(Suaeda maritima)* und Queller *(Salicornia prostrata)* speichern Salz – vornehmlich Natrium und Chlorid – sehr intensiv und bauen Konzentrationen im Zellsaft bis zu 1 Mol l^{-1} und mehr auf! Im Extremfall beträgt Kochsalz in diesen Pflanzen ca. 90 % aller osmotisch wirksamen Inhaltsstoffe. Das lässt sich leicht durch eine „Verkostung" dieser Pflanzen am Standort nachprüfen. Markante Salzakkumulierer sind daneben der Salz-Dreizack *(Triglochin maritimum),* die Salzschuppenmiere *(Spergularia maritima)* und die Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum),* während der Salz-Wegerich *(Plantago maritima),* die Salz-Aster *(Aster tripolium* ssp. *pannonicus)* und andere zweikeimblättrige Halophyten nur mäßig hohe innere Salzspiegel aufbauen können und daher auch extrem salzreiche Böden meiden. In allen genannten Pflanzen spielen ne-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ben Kochsalz noch andere Ionen (Kalium, Magnesium, Kalzium, Sulfat, Äpfelsäure, Zitronensäure) und diverse Zucker eine wichtige Rolle zur osmotischen Anpassung. Als Besonderheit ist die große Vorliebe von Salz-Kresse und Salz-Wegerich für übermäßige Sulfataufnahme zu nennen. Auch diese Eigenschaft lässt sich am „bitter-salzigen" Geschmack alter Kresse-Blätter im Gelände recht gut austesten!

Einkeimblättrige Halophyten wie Salzschwaden-Arten *(Puccinellia* sp.), Starres Dorngras *(Crypsis aculeata),* Kriech-Straußgras *(Agrostis stolonifera),* Lücken-Segge *(Carex distans),* Meerbinse *(Bolboschoenus maritimus)* und auch die Salz-Simse *(Juncus gerardii)* speichern dagegen deutlich weniger Kochsalz, ihnen gelingt der osmotische Ausgleich in erster Linie durch eine sehr effiziente Kalium-Aufnahme und durch eine überdurchschnittlich hohe Zucker-Akkumulation. Eine Ausnahme macht allerdings der schon erwähnte Salz-Dreizack.

Kompartimentierung der Salzionen in der Vakuole als Schlüsselstrategie

Den ersten Stoffwechselphysiologen, die sich dem Salzproblem zugewandt hatten, fiel sehr bald der krasse Widerspruch auf, der sich im Zusammenhang mit den oben dargestellten Wirkungsebenen auftat: Halophyten gedeihen auch dann noch durchaus gut, wenn in den lebenden Blättern so hohe Salzkonzentrationen vorliegen, dass deren Enzyme eigentlich nicht mehr aktiv sein sollten. Daraus ergab sich der zwingende Schluss, dass im lebenden Blatt der Wirkungsort der Enzyme (also das Cytoplasma; Abb. 16) vom Speicherort der Salze getrennt sein musste. Tatsächlich zeigten entsprechende Untersuchungen, dass die beiden Salzionen auf Grund der Tätigkeit von am Tonoplast sitzenden Ionenpumpen vorwiegend in den (leblosen) Vakuolen deponiert werden, während das lebende Cytoplasma weitgehend salzfrei bleibt. Daraus ergibt sich als weiteres Problem ein starkes osmotisches Ungleichgewicht zwischen diesen beiden nur durch eine halbdurchlässige Biomembran (Tonoplast) getrennten Zellkompartimenten: Die osmotische Wirkung der Salzionen in der Vakuole würde das Cytoplasma sehr stark entwässern und dadurch schädigen. Des Rätsels Lösung ergab sich durch experimentelle Befunde, wonach im Cytoplasma gewisse niedermolekulare Verbindungen in erheblichen Mengen synthetisiert und angereichert werden, die den notwendigen osmotischen Ausgleich zu den Salzionen in der Vakuole besorgen, und die auch in hohen Konzentrationen stoffwechselphysiologisch verträglich bleiben. Entsprechend tauchen in der Literatur als Sammelbezeichnung für diese Stoffe Namen wie „Stress-Schutzstoffe" oder „cytoplasmatische Osmotika" bzw. „cytoplasmatische Osmolyte" auf. Im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch hat sich für diese „stoffwechselverträglichen" Verbindungen die Bezeichnung *„compatible solutes"* eingebürgert.

Es gibt insgesamt drei Klassen an derartigen Verbindungen: (i) Zuckeralkohole, (ii) Prolin und einige wenige andere Aminosäuren und (iii) quaternäre Ammoniumverbindungen. Ihre Verbreitung im Pflanzenreich ist ebenfalls taxonspezifisch. Besonders wichtig ist Glycinbetain, das in Gänsefußgewächsen (Chenopodiaceae) regelmäßig und in sehr hohen Konzentrationen vorkommt und wahrscheinlich mitverantwortlich ist für den enormen weltweiten Erfolg dieser Pflanzenfamilie auf Salzstandorten. Die Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* und der Salz-Dreizack *(Triglochin maritimum)* enthalten reichlich Prolin, der Salz-Wegerich *(Plantago maritima)* den Zuckeralkohol Dulcit. Soweit bisher untersucht, findet sich in allen halophilen Höheren Pflanzen zumindest eine dieser Substanzgruppen!

Die Vorstellung über das separierte Vorkommen von Salzen und *„compatible solutes"* in den zellulären Reaktionsräumen ist als allgemein anerkannte „Kompartimentierungshypothese" in die Literatur eingegangen und gilt heute als Hauptstütze des Verständnisses der zellulären Salztoleranz Höherer Pflanzen. Hypothese deshalb, weil der zugrunde liegende Tatbestand des getrennten Vorkommens von Salzionen und *„compatible solutes"* in den Zellen aus methodischen Gründen erst an wenigen geeigneten Objekten experimentell einwandfrei nachgewiesen werden konnte! Bemerkenswert ist, dass einige dieser Verbindungen, insbesondere Prolin und Glycinbetain von einigen Pflanzen vermehrt gebildet werden, wenn diese anderen Stresssituationen, wie etwa Trockenheit oder Frost, unterworfen werden, die

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

mit einer Absenkung des Wasserpotenzials in der Zelle einhergehen, sodass der biochemisch-physiologischen Wirkung dieser „Schutzstoffe" ein allgemeines Prinzip (Schutz der Enzymoberflächen bei Wassermangel und Schutz der Biomembranen) zugrunde liegen dürfte, das vorerst nur teilweise verstanden wird.

Mechanismen zur Regulation des Salzgehaltes

Nun ist uns schon wohlvertraut, dass aufgrund der eingangs dargestellten anatomisch-morphologischen Besonderheiten des Wurzelsystems mit dem Transpirationswasserstrom kontinuierlich Salzionen in die Pflanze einsickern. So gut diese „ungewollte" Salzanreicherung für eine osmotische Anpassung an den Standort auch ist, so besteht doch auch für Halophyten die permanente Gefahr einer überoptimalen Salzaufnahme und damit auch einer „Salzvergiftung", die sich in einer beschleunigten Blattalterung und einem vorzeitigen Blattwurf manifestiert. Dies ist insbesondere während Perioden längerer Trockenheit im Frühsommer oder während der heißen pannonischen Sommermonate der Fall, wenn die Bodenlösung infolge der Austrocknung sehr hohe Salzkonzentrationen erreichen kann. Erfolgreiche Salzpflanzen mussten daher entsprechende regulative Maßnahmen entwickeln, um dieser ständig drohenden Übersalzung ihrer transpirierenden Organe zu entgehen und so die Lebensdauer ihrer photosynthetisch aktiven Organe aus energetischen Gründen möglichst zu verlängern.

Je nach anatomisch-morphologischen bzw. physiologischen Eigenarten haben die verschiedenen Taxa dabei sehr unterschiedliche Wege und Strategien eingeschlagen:

- *Wurzelfiltration und Salzausschluss*
  Eine sehr gute Regulation der Salzaufnahme durch spezielle anatomische Vorkehrungen im Wurzelbereich ist bei Gräsern realisiert: Ein Wurzelquerschnitt des Neusiedlersee-Salzschwadens *(Puccinellia peisonis)* lässt im Mikroskop sehr deutlich eine „doppelte Endodermis" erkennen: Die Sperrschichte im Inneren der Wurzel, von deren wichtiger Kontrollfunktion im Zusammenhang mit den Ionenaufnahmeprozessen in Kapitel 4.1.4 schon die Rede war, ist also gleich in doppelter Ausführung vorhanden, sodass die Gräser dichter gegen das ionenreiche Außenmilieu abgeschottet sind als andere Pflanzen. Die oben erwähnten niedrigeren Salzgehalte von Gräsern sind eine unmittelbare Folge dieser guten „Salzfiltration"; vermutlich verfügen auch die salzarmen halophilen Vertreter anderer einkeimblättriger Pflanzenfamilien (Riedgras-, Binsengewächse) über ähnliche Filtermechanismen.

Eine andere Strategie haben halophile Schmetterlingsblütler (etwa der Spargelklee – *Lotus maritimus* oder der Salz-Hornklee – *Lotus tenuis)* eingeschlagen, die auch an salzreichen Standorten auffällig natriumarm sind. Die in den Leitbahnen mitgeschleppten Salzionen, insbesondere das Natrium, werden schon in den Wurzeln, besonders effizient jedoch in den Stängeln aktiv aus den Gefäßen herausgepumpt, in die umgebenden Parenchymzellen verlagert und dort abgespeichert. Durch diesen speziellen Mechanismus, der unter der Bezeichnung „Salzretention" in die Literatur eingegangen ist, sorgen also die basalen Pflanzenorgane dafür, dass der Verdunstungspfannen-Effekt in den transpirierenden Blätter verzögert, und so die Lebensdauer der Blätter verlängert wird.

„Salzausschließende" Halophyten, die ihren Salzeinstrom durch die genannten Maßnahmen stark einschränken, werden in der wissenschaftlichen Literatur als *„salt excluders"* bezeichnet.

- *„Sukkulentwerden"*
  als Maßnahme der Salzverdünnung
  Eine zentral wichtige und bei nahezu allen halophilen Gattungen bzw. Familien realisierte Regulationsstrategie besteht im „Sukkulentwerden" der transpirierenden Organe. Das Prinzip ist einfach: Durch kontinuierliche Streckung und Volumsvergrößerung der Zellen wird deren Wassergehalt permanent erhöht. Sichtbares Zeichen dafür ist ein deutliches Dickerwerden der Blätter mit zunehmendem Alter. Wenn nun sowohl die Menge an Salzionen (die mit dem Transpirationsstrom ja permanent einsickern!) als auch die Menge an Wasser in den Zellen (in dem die Salzionen gelöst

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

sind!) zunehmen, so sollte als Konsequenz die relative, auf den Wassergehalt bezogene Salzkonzentration im Blatt annähernd gleich bleiben. Dieser wichtige Salzregulationsmechanismus ist schon sehr früh entdeckt worden, wobei der wissenschaftliche Nachweis der Bedeutung dieser Strategie zunächst bei den Mangrove-Bäumen gelang. Beispiele für sukkulente Pflanzen liefern aber fast alle zweikeimblättrige Halophytenfamilien, besonders auffällig und in extremer Weise realisiert bei den Gänsefußgewächsen (Salzmelden – *Suaeda maritima* und *S. pannonica,* Queller – *Salicornia prostrata,* Spießmelde – *Atriplex prostrata),* weniger auffällig bei anderen Familien, wie etwa den Korbblütlern (z. B. Salz-Aster), den Kreuzblütlern (Salz-Kresse) oder den Wegerichgewächsen (Salz-Wegerich).

Einkeimblättrige Pflanzen neigen strukturell dagegen nicht zu Sukkulenz und mussten wohl aus diesem Grunde eine ganz andere Strategie, nämlich den oben erwähnten „Salzausschluss" einschlagen, um die interne Salzkonzentration zu regulieren.

Anzumerken ist, dass die „Salzsukkulenz" mit der „Sukkulenz" mancher an Trockenheit besonders gut angepasster Pflanzenfamilien (z. B. Kakteen, Wolfsmilch- und, Dickblattgewächse) nichts zu tun hat! Diese landläufig als „Sukkulenten" bezeichneten Pflanzen sind sehr salzempfindlich, kommen also an Salzstandorten nicht vor und nehmen auch kaum Salzionen in ihre Gewebe auf!

Rosettenwachstum

Pflanzliche Lebensformen wie die Wegerich-Arten oder die allbekannte Kuhblume („Löwenzahn"), deren extrem kurze und gestauchte Sprossachse im Laufe der Vegetationsperiode kontinuierlich neue Blätter treibt, nennt man Rosettenpflanzen. Die jungen Blättchen entspringen gleichsam dem Zentrum dieser grundständigen und meist nach allen Raumrichtungen ausgebreiteten Rosette, während die untersten und äußersten Blätter der Rosette nach einer bestimmten Lebenszeit vergilben und absterben. Zur Zeit der Blüte wächst die Achse dann zu einem Blütenstand aus, der meist unbeblättert ist, wie etwa bei der Kuhblume, oder verzweigt sein kann und auch noch einige wenige Laubblätter tragen kann. In diesem Fall spricht man von Halbrosettenpflanzen. Der Vorteil dieser Lebensform auf Salzboden ist leicht einsichtig: Dank der hohen Regenerationsfähigkeit können während der gesamten Vegetationszeit die alten und mit zunehmendem Alter mehr und mehr salzbeladenen Blätter abgestoßen und durch junge, weitgehend salzfreie und physiologisch aktive ersetzt werden. Beispiele sind der im Gebiet sehr häufige Meerstrand-Wegerich *(Plantago maritima)* und der Salz-Dreizack *(Triglochin maritimum)* als Voll-Rosettenpflanzen, die Salz-Aster *(Aster tripolium* ssp. *pannonicus),* die Salz-Schwarzwurz *(Scorzonera parviflora)* und die Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* als Halbrosettenpflanzen. Die Horste dieser Pflanzen – besonders schön bei Dreizack und Wegerich zu beobachten – sind stets von einem Kranz vergilbender Blätter umgeben. Durch dieses Fließgleichgewicht zwischen Werden und Vergehen seiner Blattorgane regelt die einzelne Pflanze ihren Salzgehalt auf ein tolerierbares Durchschnittsniveau ein. In einem anschaulichen Vergleich könnte man festhalten, dass diese Pflanzen gleichsam „dem Salz davonwachsen". Dank ihrer Raschwüchsigkeit treten diese Flucht nach vorne auch die Gräser, insbesondere die Salzschwaden-Arten an: Die mit dem Wasser eingeschwemmten Salzionen (siehe oben) werden durch die stete Neubildung von Blattgewebe aus einer basalen Verjüngungszone[4] permanent verdünnt. Dies erklärt neben dem Vorhandensein einer besonders wirksamen Barriere in den Wurzeln zusätzlich die niedrigen Salzgehalte von Blättern in halophilen Arten einiger Pflanzenfamilien.

Drüsenhaare und Drüsen

Die wohl auffälligsten Einrichtungen zur Salzregulation sind spezielle Salzdrüsen, die in mannigfacher Ausformung und Gestalt bei Vertretern vieler halophiler Familien vorkommen. Drüsen und Drüsenhaare in Form wenigzelliger Hautausstülpungen sind grundsätzlich im Pflanzenreich weit verbreitet und dienen unterschiedlichsten Aufgaben. Denken wir nur an die vielen aromatischen

4 Dieses so genannte intercalare Blattwachstum ist für viele einkeimblättrige Pflanzen charakteristisch, insbesondere für die Familien der Gräser, Sauergräser und Simsengewächse.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Stoffe, die von Pflanzen mittels Drüsen an die Umgebung abgegeben werden. Im Zuge der Anpassung an die Salzstandorte sind bestehende Strukturen dann zu Salzdrüsen umfunktioniert worden. Bemerkenswerterweise gibt es trotz des hohen Artenreichtums der heimischen Halophytenflora nur zwei Arten mit Salzdrüsen: das Strandmilchkraut – *Glaux maritima* (Abb. 17) auf den Glaubersalzflächen bei Zwingendorf sowie die Spieß-Melde – *Atriplex prostrata* (Abb. 18), die in zahlreichen Kleinarten nahezu weltweite Verbreitung gefunden hat. Das Milchkraut besitzt kleine 2- bis 3-zellige köpfchenförmige Drüsen an beiden Seiten ihrer Blättchen, die selektiv Natrium und Chlorid aus dem Blattgewebe nach außen transportieren. Nach längeren Trockenperioden im Frühsommer ist das auskristallisierte Salz in Form kleiner weißer Punkte auf beiden Seiten des Blattes gut zu sehen, und eine „Schleckprobe" wird den Salzcharakter dieser Kristalle sofort klarstellen!

Die Drüsenhaare der Spieß-Melde, die im Übrigen ein wichtiges Gattungsmerkmal darstellen, sind ebenfalls wenigzellig, funktionieren aber nach einem ganz anderen Prinzip: Die Endzelle ist sehr viel größer als die 1-2 Stielzellen und gaben diesen, speziell nur in der Gattung *Atriplex* vorkommenden Drüsengebilden auch ihren Namen: „Blasenhaare". Diese großen Blasenzellen entziehen nun dem Blattgewebe unter Vermittlung der als Drüsen wirkenden Stielzellen ebenfalls Natrium und Chlorid, befördern diese Ionen aber nicht gleich hinaus, wie bei der Salzdrüse des Strandmilchkrautes beschrieben, sondern speichern sie zunächst in ihrem mächtigen Zellsaftraum. In *Atriplex*-Arten der nordamerikanische Salzwüsten konnten Salzkonzentrationen gemessen werden, die einem Mehrfachen der Salzkonzentration des Meerwassers entsprechen! Bei Überschreiten der tolerierbaren maximalen Salzkonzentration sterben die Haare dann ab und ent-

Abb. 17: Strandmilchkraut *(Glaux maritima) (Foto: R. Albert).*

Abb. 18: Spieß-Melde *(Atriplex prostrata) (Foto: R. Albert).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

lassen das Salz auf die Blattoberfläche. Dieser Salzregulationsmechanismus ist besonders wichtig für die vielen, in den Salzwüsten aller Kontinente sehr erfolgreichen Vertreter dieser bemerkenswert salztoleranten Pflanzengattung. Im Gegensatz zu den *Atriplex*-Arten in Salzwüsten, deren Blätter zeitlebens Haare nachbilden, besitzen die Blätter unserer heimischen *Atriplex*-Art ihre kleinen Haardrüsen nur in ihrem Jugendstadium. Der dichte Überzug verleiht besonders der Blattunterseite ein weißfiliziges Aussehen, und mit einer Lupe kann man die kleinen kugelförmigen Zellgebilde sehr schön erkennen! Kontinuierliches Absterben der Blasenhaare führt jedoch bald zu einer Verkahlung der Blätter, die allerdings mit zunehmendem Alter dicker, also sukkulenter werden. Die Pflanze wechselt somit ihre Strategie und versucht nun, mittels einer neuen Maßnahme, von deren Bedeutung zur Verdünnung der Salzkonzentration in den Sprossen weiter oben schon eingehend die Rede war, ihren inneren Salzspiegel zu regulieren.

4.1.7 Nachbemerkung

Meist wirken an einer bestimmten Pflanzenart mehrere der erwähnten Salzregulations-Strategien zusammen, wobei neben den speziellen Anpassungen (Rosettenwuchs, Salzfiltration, Drüsen) eine mehr oder weniger deutliche Sukkulenz stets eine Schlüsselrolle einnimmt. Insgesamt haben wir versucht, darzustellen, dass Anpassungsmechanismen auf verschiedenen Ebenen – Biochemie, Physiologie sowie Anatomie und Morphologie – optimal zusammenspielen müssen, um unseren Salzpflanzen zum gewünschten ökologischen Erfolg zu verhelfen. Alle diese Maßnahmen entziehen der Pflanze zusätzliche Energie und Rohstoffe, die ansonsten für Wachstumsprozesse verwendet werden könnten. Salzpflanzen sind also vergleichsweise langsamwüchsig und unterliegen daher den normalen „Nichtsalzpflanzen" („Glykophyten") im Wettbewerb, wenn sie in der Natur auf salzfreie Böden verschlagen bzw. im Experiment auf unversalzter Gartenerde mit „Nichthalophyten" kultiviert werden. Diese Konkurrenzschwäche ist der Hauptgrund, warum Halophyten die eng begrenzten Salzlebensräume nicht verlassen und in die angrenzenden salzfreien Ökosysteme einwandern, gleichwohl sie Salz in der Regel nur tolerieren und – abgesehen von dessen Rolle als Osmotikum – stoffwechselphysiologisch nicht wirklich benötigen. An ihren natürlichen, zumeist offenen und im Vergleich zum Umland viel artenärmeren Standorten gibt es viel weniger Konkurrenz, sodass die schwächere Wuchsleistung keinen Nachteil bringt! Ähnliche Zusammenhänge bestehen auch hinsichtlich pflanzlicher Spezialisten in anderen ökologischen Extremsituationen (Hochgebirgs-, Wüsten-, Schwermetallpflanzen u. a.). Zum Teil bis ins 19. Jahrhundert zurückreichende Kultivierungsexperimente haben gezeigt, dass die allermeisten Salzpflanzen Natrium und/oder Chlorid nicht zu ihrem optimalen Wachstum benötigen, sondern lediglich in viel höheren Gaben ertragen als andere Arten. Für diese Arten wurde der Terminus „fakultative Salzpflanzen" geprägt, und die meisten unserer Salzpflanzen gehören wohl diesem Typus an: Salz-Aster, Meerstrand-Wegerich, Salz-Dreizack, Salzschuppenmiere, Salzschwaden, Dorngras, Kampferkraut *(Camphorosma annua)* und andere. Man weiß aber auch aus derartigen Experimenten, dass extrem angepasste Formen, etwa stammsukkulente Gänsefußgewächse oder unsere Salz-Kresse zum optimalen Gedeihen eine zusätzliche Salzgabe benötigen. Bei derartigen „obligaten Salzpflanzen" ist die Anpassung so weit gegangen, dass die Ionenaufnahmesysteme offensichtlich „verweichlicht" sind, sodass aus den salzarmen „Normal-Substraten" zu wenige Ionen aus dem Boden aufgenommen werden können. Damit ist das osmotische Gleichgewicht mitsamt dem Wasserhaushalt gestört.

Der Vollständigkeit halber ist als dritte Kategorie noch die Gruppe der „salzindifferenten" Pflanzenarten zu erwähnen, die sich in gleicher Weise auf salzhältigen **und** salzfreien Böden erfolgreich durchsetzen konnten. Diese Artengruppe, die in unserer Salzflora etwa durch einige Gräser wie Schilf, Salzschwingel *(Festuca pseudovina),* Kriech-Straußgras *(Agrostis stolonifera),* durch die Sumpfbinse *(Eleocharis* sp.), Spargelklee *(Lotus maritimus),* Vogelknöterich *(Polygonum aviculare),* das vielblütige Leimkraut *(Silene multiflora),* Gänse-Fingerkraut *(Potentilla anserina)* oder durch den schönen Herbst-Zahntrost *(Odontites vulgaris)* und manch andere Art vertreten ist,

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

die oft zufällig auf Salzboden verschlagen wird, bleibt samt und sonders auf salzärmere Standorte beschränkt. Pflanzen dieses Typs gelangen gleichsam die ersten erfolgreichen Anpassungsversuche an Salzböden! Verfeinerung der Toleranz durch Erwerb immer spezialisierterer Anpassungsstrategien vollzogen dann sukzessive die fakultativen Halophyten, die jedoch – quasi als Eintrittsgeld in die Salzfluren – bereits den Preis einer etwas eingeschränkteren Konkurrenz zahlen mussten. Von diesem Stadium führte dann eine kontinuierliche Linie zu den Extremtypen der obligaten Halophyten, denen in unserer Flora vermutlich nur die Salzmelden, das Glasschmalz und die Salz-Kresse angehören.

4.2 Algen und submerse Wasserpflanzen

von Michael Schagerl

4.2.1 Einleitung

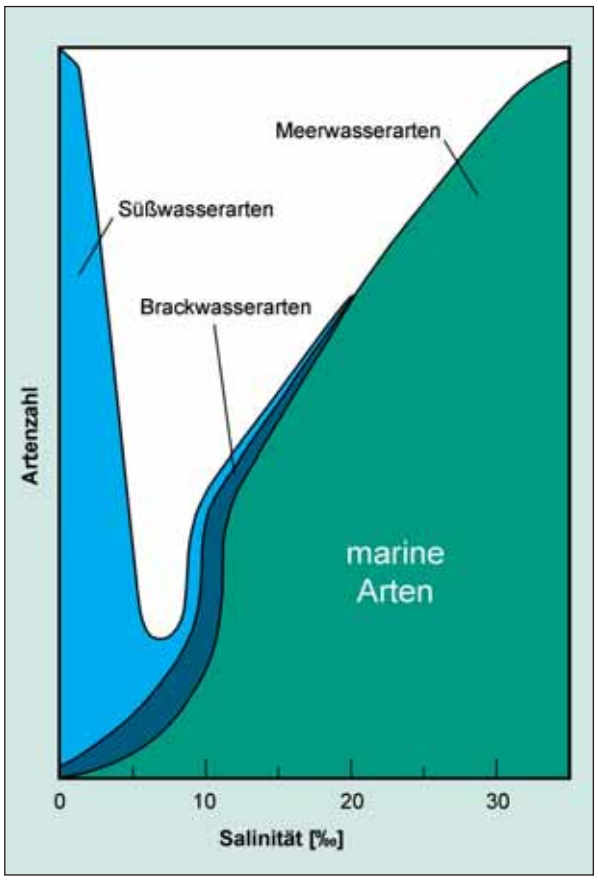


Abb. 19: Schematische Darstellung der Artenzahl in Relation zum Salzgehalt in aquatischen Systemen. Beachte das Minimum im Übergangsbereich Süßwasser/Salzwasser *(nach REMANE & SCHLIEPER 1971, aus WETZEL 2001, verändert).*

Während die Wasser- und Nährstoffversorgung bei Landpflanzen im Wesentlichen über die Wurzeln stattfindet, sind Wasserpflanzen vom Medium Wasser vollständig umgeben, es steht ihnen also potenziell die gesamte Oberfläche zur Ionenaufnahme zur Verfügung. Dies bedeutet aber auch eine vergrößerte Angriffsfläche für osmotische Stresssituationen. Dadurch erklärt sich eine der wichtigsten Verbreitungsgrenzen von Wasserorganismen, nämlich die Grenze vom Salz- zum Süßwasser. Genau hier tritt ein auffälliges Minimum der Artenzahl auf (Abb. 19). Organismen im Süßwasser bzw. in hypersalinen Gewässern müssen die Fähigkeit besitzen, der Osmose aktiv entgegenzuwirken. Dieser Mechanismus wird Osmoregulation genannt. Wird über bestimmte Salinitätsbereiche ein konstanter osmotischer Druck aufrechterhalten, spricht man von homoiosmotischer Lebensweise, in der Praxis wird eine solch perfekte Regelung nur selten angetroffen.

Bevor im Weiteren auf Strategien zur Salzstressbewältigung eingegangen wird, soll noch kurz die poikilosmotische Lebensweise erwähnt werden, die bei der überwiegenden Anzahl von marinen Planktern beobachtet werden kann. Hier fehlt die Osmoregulation, d. h. der osmotische Druck in der Zelle passt sich jenem des Mediums an (isotonische Bedingungen). Diese Lebensweise wird im Meer auch dadurch begünstigt, dass in der marinen Freiwasserzone selten bedeutende Salinitätsschwankungen zu finden sind. In der Gezeitenzone mit großen Salinitätsschwankungen hingegen findet man bereits einige Strategien zur Stressbewältigung wie etwa die Schleimausscheidungen von Großtangen (SOMMER 1998). Bereits in den 30er Jahren des vorigen Jahr-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

hunderts konnte der an der Universität Wien lehrende Professor Biebl zeigen, dass die Salztoleranz von ständig untergetauchten Litoralalgen im Bereich der 0,5-1,5-fachen Meerwasserkonzentration angesiedelt ist, Tange in der Gezeitenzone jedoch Schwankungen zwischen 3 und 125‰ Salinität ertragen. Genau diese toleranten Meerwasserformen dringen bis in den Brackwasserbereich vor.

Wenn man bedenkt, dass Leben im Meer entstand, wird verständlich, dass die Osmoregulation eine ganz zentrale Stelle in der Evolution einnimmt, um hypersaline Biotope bzw. Süßwasser zu besiedeln.

Bei der Osmoregulation sind zwei Bereiche zu unterscheiden: In Gewässern unter 7‰ Salzgehalt muss der osmotische Druck in den Zellen gegenüber dem Medium erhöht sein, da sonst die Lösungen in den Zellen zu verdünnt wären. Dies geschieht vor allem durch aktive Ionenaufnahme. Die gegenüber dem umgebenden Medium hypertonischen Bedingungen führen zu einem ständigen Zustrom von Wasser aus der Umgebung. Besonders für zart gebaute Flagellaten (Einzeller mit Fortbewegungsgeißel am Vorderende) ohne Zellwand besteht nun die Gefahr, dass sich infolge des erhöhten Turgors (vgl. Kap. 4.13) die Zellen bis zum Zerplatzen ausdehnen. Um dies zu verhindern, muss ständig Wasser exportiert werden, z. B. mit Hilfe von pulsierenden Vakuolen.

Sowohl der aktive Ionenimport entgegen dem Konzentrationsgefälle als auch der Wasserexport sind sehr energieaufwendig. Deshalb sind Organismen des Süßwassers langsamwüchsiger als marine Lebewesen.

Die nachfolgende Zusammenschau konzentriert sich auf den zweiten Bereich der Osmoregulation, nämlich der Bewältigung von Salzstress in einer hypertonischen Umgebung. Hier ist der Zellstatus hypotonisch, d. h. der Organismus läuft Gefahr, auszutrocknen, wenn er nicht Gegenmaßnahmen ergreift. Im Gegensatz zur oben geschilderten Situation muss der Organismus trinken und Ionen aktiv ausscheiden, damit der Stoffwechsel aufrechterhalten werden kann. Die unterschiedlichen Anpassungen an Salzstress werden im Folgenden kurz umrissen.

4.2.2 Salz-Akklimatisierung von Algen

Zwei Gründe sind es, die Untersuchungen zur Anpassung an hypertonische Bedingungen attraktiv erscheinen lassen. Einerseits ist Salz ein Hauptfaktor für die Verbreitungsgrenzen von Organismen, andererseits ist diese Thematik für die Landwirtschaft und damit ökonomisch von höchstem Interesse, da terrestrische Standorte oft einer Versalzung unterliegen. Da gerade Algen und Bakterien sehr weit in hypersaline Biotope vordringen, werden sie als Modellorganismen für die Salzakklimatisierung herangezogen (Möglichkeit zur biotechnologischen Anwendung).

Die Osmoregulation kostet auch im Fall von Salzakklimatisierung Energie, was sich in reduzierten Wachstumsraten ausdrückt. Der Akklimatisierungsprozess umfasst drei basale Vorgänge: (1) Restaurierung des Turgors durch aktive Wasser- und Osmolytaufnahme über Kanäle in der Zellmembran, (2) der Störung des Ionengleichgewichtes in den Zellen wird durch eine Regulierung des Ionenimports und -exports entgegengewirkt; zusätzlich wird die Permeabilität der Zellmembran verändert und (3) Akkumulierung von *„compatible solutes"* (stoffwechselverträgliche Verbindungen) und Stressproteinen. Diese Moleküle schützen Proteine, Nukleinsäuren und Lipide vor einer Denaturierung (ERDMANN & HAGEMANN 2001), also vor einer Änderung der räumlichen Struktur und damit Funktionslosigkeit des Moleküls. Sämtliche Akklimatisierungsvorgänge resultieren letztlich aus einer geänderten Genexpression, deren Induktion aber noch nicht völlig geklärt ist. Ein Osmosensor konnte bislang in Algen und Cyanobakterien (Blaualgen) nicht lokalisiert werden.

Regulierung des Turgors und des Volumens

Von der energetischen Seite betrachtet, ist der Import und Export von Ionen äußerst günstig. Tatsächlich ist diese Strategie vor allem bei den Archebakterien und heterotrophen[5] Bakterien verwirklicht (ERDMANN & HAGEMANN 2001).

[5] Heterotrophie: Ernährung durch Abbau aufgenommener organischer Substanz.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Auch bei den Armleuchteralgen (Charophyceae), deren Internodienzellen (Achsenzellen zwischen Verzweigungen) enorm große Zentralvakuolen besitzen, konnte die Turgorrestaurierung mittels Ionenimport nachgewiesen werden (WINTER & KIRST 1991). Dabei zeigten Formen aus marinen und brackischen Gewässern (z. B. *Lamprothamnium* spp.) eine nahezu perfekte Turgorregulierung mittels Kalium und Chlorid-Import, was sich in einer großen Toleranzspanne zwischen 0-105‰ Salinität ausdrückt. Die Armleuchteralge *Chara canescens,* die im Brackwasser, aber auch in den Salzlacken des Seewinkels verbreitet ist, toleriert Salinitäten zwischen 0,5-34‰; hier trägt vor allem Natrium zur Ionenregulation bei (der Turgor wird bei dieser Art nur unvollständig regeneriert; WINTER & KIRST 1991). Auch *Chara tomentosa* und *Ch. vulgaris* sind halotolerante Formen, bei denen der (unvollständige) Turgorausgleich über die Aufnahme von Natrium und Chlorid erfolgt. Teilweise kann dieser Mechanismus der Ionenakkumulation auch bei marinen Makroalgen beobachtet werden, in denen eine große, nur schwach in den Stoffwechsel involvierte Vakuole als Ionenspeicher dient (siehe unten).

„Compatible Solutes"

Bei der überwiegenden Anzahl von phototrophen Organismen wird durch Salzstress eine weitere Reaktion ausgelöst, nämlich die Bildung von *„compatible solutes"*. Diese Strategie ist gegenüber der oben erwähnten Ionenaufnahme/-abgabe weitaus energieaufwendiger (bis 100 Mal!), sie hat jedoch den Vorteil, dass die toxische Ionenaufnahme dadurch vermieden werden kann. Die *„compatible solutes"* stellen niedermolekulare, wasserlösliche Verbindungen dar und können in äußerst hohen Konzentrationen im Zellplasma akkumuliert werden, ohne den Zellstoffwechsel zu beeinflussen. Die Anreicherung im Cytoplasma hat eine Erhöhung des osmotischen Druckes in den Zellen zur Folge. Dadurch wird verstärkt Wasser aufgenommen und der Turgor wieder hergestellt. Im Gegensatz zu heterotrophen Bakterien, die eigene Mechanismen zum Import dieser energetisch wertvollen Verbindungen aus dem Medium entwickelt haben, werden bei Eukaryoten[6] *„compatible solutes"* bei Bedarf meist neu synthetisiert und stellen zumeist Stoffwechselendprodukte dar.

Gegenüber den Landpflanzen zeigen Algen eine größere Variabilität der Verbindungen. Insgesamt sind rund 20 Molekülsorten als *„compatible solutes"* identifiziert worden, wobei Disaccharide (bestimmte Zuckerverbindungen) wie z. B. Trehalose oder Saccharose die geringste Wirkung gegenüber Salzstress zeigen, aber in der Herstellung sehr energieaufwendig sind. Das beste „Preis-Leistungs-Verhältnis" weist Glycerol auf, das nur von Eukaryota synthetisiert werden kann und für dessen Herstellung rund 30 ATP benötigt werden. Adenosintriphosphat (ATP) ist der wichtigste Energieüberträger in Zellen. Glycerol ist im Wasser nahezu unbegrenzt löslich und damit äußerst effizient einsetzbar, um auf Salzstress zu reagieren. Die Grünalgengattung *Dunaliella* kann mit dieser Strategie sogar in gesättigten Kochsalzlösungen leben!

Das ubiquitär auftretende Glycinbetain ist auch unter den Blaualgen weit verbreitet, mit einem Aufwand von rund 80 ATP jedoch sehr energieintensiv herzustellen. Prolin, das bei Landpflanzen verbreitet ist, tritt auch bei Algen auf, jedoch häufig in geringsten Konzentrationen ohne osmotische Wirkung. Bei marinen Tangen wurde neben einer raschen Osmoregulation infolge Ionentransports in die Zentralvakuolen eine langsamere Akklimatisierung durch Synthese von Mannit (Braunalgen) und Floridosid (Rotalgen) dokumentiert (LÜNING 1985). Neben den osmotischen Eigenschaften kommt den *„compatible solutes"* jedoch auch eine Schutzfunktion zu, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

Osmoprotektion

Biomoleküle, vor allem Proteine, tendieren unter Salzeinwirkung zur Denaturierung. Einige *„compatible solutes"* verhindern die Denaturierung, die genaue Funktionsweise ist jedoch bislang spekulativ. Offenbar imitiert Glycerol aufgrund seiner molekularen Eigenschaften die Wassermoleküle und trägt somit zur Renaturierung von Biopolymeren bei. Prolin setzt in Form von supramolekularen Aggregaten die Oberflächenspannung des Wassers herab und erhöht da-

6 Organismen mit Zellkern, zu unterscheiden von Prokaryoten ohne Zellkern (= Bakterien).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

mit die Löslichkeit von Proteinen. Eine weitere Hypothese besagt, dass bei Vorhandensein von *„compatible solutes"* die native Struktur von Proteinen gegenüber der denaturierten thermodynamisch günstiger erscheint (ERDMANN & HAGEMANN 2001).

Änderung der Membranzusammensetzung

Unter Salzeinwirkung wurde die Bildung von Phospholipiden, Sterolen und Fettsäuren beobachtet, die zu einer geringeren Permeabilität der Zellmembran führen. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass in vielen Organismen ein kontrollierter Wasseraustausch über Wasserkanäle (so genannte Aquaporine) stattfindet. Studien an Mutanten zeigten an, dass diese Wasserkanäle für das Überleben nicht notwendig sind, eine Akklimatisierung an geänderte Salzkonzentrationen bei deren Vorhandensein jedoch wesentlich rascher erfolgt. Die Bildung von Aquaporinen ist mit der Salzkonzentration im Medium negativ korreliert, d. h. je salziger die Umgebung ist, desto weniger Wasser wird transportiert.

Neben den Wasserkanälen existieren auch mechanosensitive Ionenkanäle, die bei osmotischen Schockereignissen quasi als Erste-Hilfe-Maßnahme fungieren. Vor allem bei einzelligen Organismen dürfte dieser Regelmechanismus weit verbreitet sein, um z. B. bei einem hypotonischen Schock *„compatible solutes"* möglichst rasch an die Umgebung loswerden zu können.

Ionengleichgewicht

Wie bereits bei den Landpflanzen diskutiert wurde, kann ein Ungleichgewicht der Ionen im Cytoplasma zu schweren Schäden führen, wobei besonders Natrium toxische Effekte hervorruft. Natrium ersetzt Kalzium an der Zelloberfläche und sickert in weiterer Folge in die Zelle ein. Im Cytoplasma verdrängt Natrium dann Kalium, ohne aber in gleicher Weise zu wirken. Interessanterweise zeigen salzakklimatisierte Organismen bei variabler Natriumkonzentration des Außenmediums annähernd gleiche intrazelluläre Mengen an (ERDMANN & HAGEMANN 2001). Dies wird durch einen aktiven, energieverbrauchenden Austrag des Natriums aus der Zelle (Antiport) bewerkstelligt. Dabei werden entgegen dem Konzentrationsgefälle Natriumionen exportiert und im Gegenzug Wasserstoffionen eingeschleust. Die für diesen Mechanismus benötigte Energie wird durch ein Ansteigen der Atmungsaktivität sowie der Photosynthese zur Verfügung gestellt.

Wie oben angeführt wurde, dürfte vor allem Natrium toxische Effekte hervorrufen. Falls Natrium als Turgorregulator eingesetzt wird, ist oft eine nur unvollständige Osmoregulation zu beobachten (z. B. bei den Armleuchteralgen). Paradoxerweise gibt es jedoch einige Spezialisten, so genannte alkaliphile Organismen wie z. B. *Arthrospira platensis,* die eine gewisse Menge an Natrium im Außenmedium benötigen, um überleben zu können. Der Grund dafür ist bislang unbekannt (GIMMLER & DEGENHARDT 2001).

Stressproteine

Mit erhöhten Salinitäten geht eine Änderung des Proteinmusters in den Zellen einher. Wenn man bedenkt, dass Enzymbestandteile aus Proteinen bestehen und die Enzyme wichtige Reaktionen zur Salzakklimatisierung katalysieren, ist dies nicht weiter verwunderlich. So werden z. B. Enzyme zur Synthese von *„compatible solutes"* bei Salzstress verstärkt auftreten oder auch Proteine, die für den Antiport von Natrium- und Wasserstoffionen zuständig sind. Aber auch weitere Enzyme wie die Carboanhydrase, die für die Abspaltung des Kohlendioxydes vom Hydrogencarbonat zuständig ist und unter hypersalinen Bedingungen verstärkt gebildet wird, sind hier hinzuzuzählen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.2.3 Salz-Akklimatisierung von submersen Gefäßmakrophyten

Marine Seegräser

Über Salzakklimatisierung von marinen Gefäßmakrophyten wie z. B. den Seegräsern *Zostera, Posidonia, Ruppia* oder *Halophila* ist bis dato nur wenig bekannt (Übersicht in TYERMAN 1989). Verglichen mit Landhalophyten leben Seegräser zumeist in einem stabilen Ionenmilieu, in welchem osmotische Schwankungen normalerweise nur marginal auftreten.

Anders ist dies in Ästuaren (Flussmündungen ins Meer), in welchen eine rasche Änderung der Salinität häufig auftritt. Neben manchen Hypothesen wie etwa jener eines osmotischen Gradienten in den Blattscheiden (TYERMAN 1989) gelten einige Strategien als gesichert, die auch bei Landpflanzen bekannt sind, z. B. die Synthese von *„compatible solutes":* Bei steigender Salzkonzentration wurde bei den Gattungen *Halodule, Ruppia* und *Thalassia* eine Erhöhung des Prolin- und Alanin-Spiegels konstatiert, bei der Gattung *Posidonia* hingegen treten diese Aminosäuren nur in äußerst geringen Konzentrationen auf. Möglicherweise fungiert bei *Zostera* Saccharose als *„compatible solute"* (ABEL & DREW 1989), bei Mangroven spielen Inosit-Derivate eine tragende Rolle in der Osmoregulation.

Gefäßmakrophyten in Binnen-Salzgewässern

Während in schwach salzigen Binnensalzgewässern noch eine ausgeprägte Litoralgemeinschaft mit einigen Gefäßmakrophyten zu beobachten ist, wird deren Artenzahl mit zunehmender Salinität geringer. Hypersaline Gewässer schließlich sind oft frei von untergetauchten (submersen) Gefäßpflanzen. Der Sumpfteichfaden *(Zannichellia palustris),* das Ährige Tausendblatt *(Myriophyllum spicatum)* und das Kamm-Laichkraut *(Potamogeton pectinatus)* treten bis zu einer Leitfähigkeit um 8.000 µS cm^{-1} auf (HAMMER 1986, vgl. auch Tab. 1). *P. pectinatus* subsp. *balatonicus* wurde auch im Seewinkelgebiet beobachtet. Die Gattung *Ruppia* dringt gemeinsam mit der Armleuchteralge *Lamprothamnion* in Gewässer mit Salinitäten größer 20 ‰ vor (HAMMER 1986). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über das gesicherte Auftreten von Gefäßmakrophyten in salinen Wasserkörpern.

Die Mechanismen zur Osmoregulation wurden auch hier bislang nur sporadisch untersucht. Als eine der wenigen Studien zur Akklimatisierung kann jene von BROCK (1981) angeführt werden. Hier wurde ein starker Anstieg von Prolin parallel zu Erhöhungen der Salzkonzentration verzeichnet.

Tab. 1: Gesicherte Vorkommen ausgewählter Gefäßpflanzen in Binnensalzgewässern *(aus: HAMMER 1986).* Mit * sind jene Arten markiert, die im Seewinkel vorkommen.

		Salinität [‰]	0	10	20	40	60	80	100	120	140	160
Sumpfpflanzen	**Helophyten**											
Meerbinse *	*Bolboschoenus maritimus*											
Gewöhnliche Sumpfbinse	*Eleocharis palustris*											
Schmalblättriger Rohrkolben *	*Typha angustifolia*											
Breitblättriger Rohrkolben *	*Typha latifolia*											
Schilf *	*Phragmites australis*											
Wasserpflanzen i.e.S.	**Makrophyten s.str.**											
Kleine Wasserlinse	*Lemna minor*											
Ähriges Tausendblatt *	*Myriophyllum spicatum*											
Stachelspitziges Laichkraut	*Potamogeton mucronatus*											
Kamm-Laichkraut *	*Potamogeton pectinatus*											
Gewöhnlicher Wasserschlauch *	*Utricularia vulgaris*											
Meeres-Salde	*Ruppia maritima*											
Teichfadengewächs	*Lepilaena preissi*											

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.3 Aquatische Wirbellose

von Georg Wolfram

4.3.1 Von Salzwasser umgeben

Die Grenze zwischen Salz- und Süßwasser ist für viele aquatische Organismen eine entscheidende Barriere, die nicht leicht überwunden werden kann. Sowohl das reine Süßwasser als auch der maritime Bereich zeichnen sich durch eine hohe Artenvielfalt aus, in der Übergangszone aber ist oft ein deutlicher „Einbruch" der Diversität erkennbar (Abb. 19). Es stellt sich die Frage, warum weder Süßwasserorganismen noch Meeresbewohner Brackwasser oder Binnensalzgewässer in größerer Artenzahl besiedeln können. Offensichtlich stellen die unterschiedlichen Konzentrationen an gelösten Salzen (Ionen) in den verschiedenen Gewässertypen die Organismen vor große physiologische Probleme. Um diese besser verstehen zu können, ist es hilfreich, zunächst einen Blick auf die im Meer lebenden Organismen zu werfen, bevor wir uns den Binnensalzgewässern zuwenden.

Die extrazellulären Flüssigkeiten mariner Wirbelloser weisen in der Regel die gleiche Salzkonzentration auf wie Meerwasser. Innen- und Außenmilieu sind isoosmotisch[7], d. h. es besteht der gleiche osmotische Druck von innen nach außen und umgekehrt. Bestimmte marine Wirbeltiere (z. B. Haie und Rochen) weisen in ihrem Körperinneren geringere Salzkonzentrationen auf als das Umgebungsmilieu. In ihrem Blut bzw. in den extrazellulären Flüssigkeiten sind organische Osmolyte (z. B. Harnstoff) gelöst, welche den osmotischen Druck wieder dem des Salzwassers angleichen. So wird trotz unterschiedlicher Salzkonzentrationen zwischen Innen- und Außenmedium ein osmotisches Gleichgewicht gewährleistet (ECKERT 1993).

[7] Bekannter ist der Begriff isotonisch, der jedoch nicht das gleiche bedeutet wie isoosmotisch. Iso-, hyper- und hypoosmotisch beschreibt das Verhältnis zweier Kompartimente hinsichtlich ihrer Konzentration an gelösten Stoffen (von griechisch *isos* = gleich, *hyper* = über, *hypo* = unter, *osmos* = Stoß, Schub). Der Begriff isotonisch (griechisch *tonos* = Spannung) bezeichnet, ob bei einem gegebenen Konzentrationsunterschied tatsächlich ein Wasserfluss durch eine Membran stattfindet.

Im Brackwasser – beispielsweise im Bereich von Flussmündungen – ändert sich die Situation aufgrund der geringeren Konzentration an gelösten Salzen. Der osmotische Druck auf die im Wasser lebenden Tiere wird dadurch geringer, und es steigt das Bestreben nach einem Ausgleich des osmotischen Gefälles. Biomembranen sind jedoch für Wasser und niedermolekulare gelöste Substanzen nicht gleichermaßen durchlässig. Während Wasser ungehindert eindringen kann, vermögen dies die anorganischen Ionen und organischen Osmolyte aufgrund der Semipermeabilität der Haut nicht. Die Folgen für marine Organismen, die in brackisches Wasser gelangen, können verheerend sein: Infolge des ständigen Einströmens von Wasser nehmen sie an Volumen zu – und platzen letztendlich (FORSTER 1998).

Um auch brackische oder Süßwasserbiotope besiedeln zu können, haben aquatische Organismen verschiedenste Mechanismen zur Osmoregulation entwickelt. Je nach Effektivität dieser Mechanismen können euryhaline Arten (von griechisch *eurys* = breit, *hala* = Salz) einen weiten Bereich an Salinitätsschwankungen ertragen, während andere, stenohaline Formen (von griechisch *stenos* = eng) nur einen eng umrissenen Salinitätsbereich tolerieren. Viele euryhaline Tiere sind homoiosmotisch, d. h. sie können die osmotische Konzentration ihrer Körperflüssigkeit so regulieren, dass sie ihren osmotischen Wert auch bei Änderung der Außenwelt in einem bestimmten Bereich konstant halten können. Zu diesen Arten, die auch als Osmoregulierer bezeichnet werden, gehören besonders solche, die in Biotope mit stark fluktuierendem Salzgehalt vorgedrungen sind (z. B. die Wollhandkrabbe im Brackwasser). Stenohaline Tiere sind meist poikilosmotisch, d. h. ihre innere Konzentration folgt jener des Außenmediums (Abb. 20a). Solche so genannten Osmokonformer weisen oft eine hohe zelluläre osmotische Toleranz auf und können ihre intrazelluläre Osmolarität zudem mit Hilfe von Osmolyten wie z. B. Aminosäuren oder anderen niedermolekularen Verbindungen regulieren und den Schwankungen des Umgebungsmilieus anpassen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

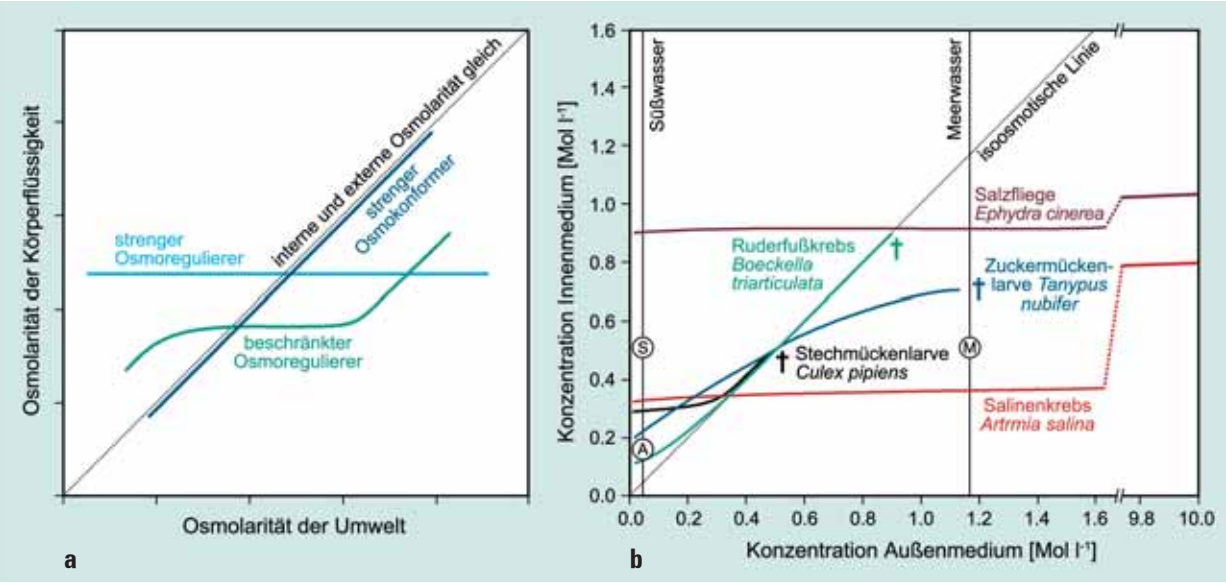


Abb. 20a (links): Schematische Darstellung der Beziehung zwischen der Osmolarität der Körperflüssigkeiten und der des umgebenden Mediums bei aquatischen Tieren *(Grafik: G. Wolfram, nach ECKERT (1993))*.

Abb. 20b (rechts): Beziehung zwischen der Osmolarität der Körperflüssigkeiten und der des umgebenden Mediums bei verschiedenen aquatischen Tieren (Osmoregulationskurven). Drei Beispiele für stenohaline (d. h. nur in einem engen Salinitätsbereich vorkommende) Formen sind durch Buchstaben gekennzeichnet: S = Süßwasserfisch, M = Meeresfisch, A = Süßwassermuschel *Anodonta cygnea.* Die Salzfliege *Ephydra cinerea* und der Urzeitkrebs *Artemia salina* sind zwei Beispiele für strenge Osmoregulierer. Der Ruderfußkrebs *Boeckella triarticulata* und die Stechmücke *Culex pipiens* sind bei niedrigen Konzentrationen Osmoregulierer, ab Erreichen der isoosmotischen Linie jedoch Osmokonformer *(Grafik: G. Wolfram, nach BAYLY (1972))*.

4.3.2 Meeresbewohner in Binnensalzgewässern?

Man könnte annehmen, dass Meeresbewohner in Binnensalzgewässern eigentlich recht gut zurecht kommen sollten. Doch es gibt mehrere wesentliche Unterschiede zwischen Ozeanen und Binnensalzgewässern, die dafür verantwortlich sind, dass die Zahl der marinen oder Brackwasserarten in Binnensalzgewässern verschwindend klein ist:

1. die unterschiedliche Zusammensetzung der Salze,
2. die wesentlich stärkeren zeitlichen Schwankungen im Salzgehalt,
3. oft extrem hohe Salzkonzentrationen (> 34 ‰),
4. die negative Wirkung anderer abiotischer Faktoren wie z. B. Austrocknung des Wohngewässers.

ad 1: Über die Auswirkungen verschiedener Ionen auf die Organismen ist leider nicht allzu viel bekannt. Man vermutet jedoch, dass Gewässer, in denen Chlorid das häufigste Anion ist, weniger Stress verursachen als solche, in denen Sulfat vorherrscht, welches wiederum besser toleriert wird als karbonat-bikarbonatdominierte Gewässer. Das bedeutet, dass die Salztoleranz möglicherweise eher von spezifischen Ionen bzw. dem Ionenverhältnis gesteuert wird, als von der Gesamtkonzentration der im Wasser gelösten Salze. Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, dass in vielen Salzseen – und unter anderem auch in den Salzlacken des Seewinkels – nicht wie im Meerwasser Natriumchlorid, sondern Soda vorherrscht.

ad 2: Viele Salzgewässer zeichnen sich durch starke Schwankungen der Salzkonzentration im Jahresverlauf aus. Nach Regenfällen können die Ionengehalte abrupt abfallen, während die sommerliche Verdunstung zu extremen Konzentrationen führen kann. Es sind vor allem die kurzfristigen Schwankungen, die den Tieren zu schaffen machen, während graduelle Änderungen eher toleriert werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ad 3: In trockenen Zeiten erreichen viele Salzseen Konzentrationen, die über jenen der Ozeane liegen. Marine Arten müssten dann einen umgekehrten Salzgradienten aufrechterhalten, da die Körperflüssigkeiten eine geringere Osmolarität aufweisen als das Außenmedium. Sie müssten also die Salze nicht zurückhalten (wie im Brackwasser), sondern die vermehrt eindringenden Ionen ausscheiden – eine Fähigkeit, die marine Arten im Laufe der Evolution (bis auf ganz wenige Ausnahmen) nicht erworben haben.

ad 4: Infolge der starken Verdunstung trocknen viele Salzgewässer regelmäßig völlig aus. Eine Reihe von Süßwasserorganismen haben Mechanismen entwickelt, um damit zurecht zu kommen. Meeresbewohner können jedoch Trockenperioden in der Regel nicht überdauern.

4.3.3 Süßwassertiere haben´s auch nicht leicht

Die Ionenkonzentration im Körperinneren der meisten Süßwasserbewohner liegt mit 5-15‰ deutlich unter jener mariner Arten. Der Unterschied zum Gesamtionengehalt von Süßwasser (< 0,5‰) ist also wesentlich geringer als bei marinen Arten. Es ist jedoch immer noch ein Konzentrationsgefälle und damit ein osmotischer Druck vorhanden, sodass die Organismen ohne Osmoregulation Salze ans Außenmedium verlieren bzw. Wasser im Übermaß aufnehmen würden. Süßwassertiere müssen also zunächst Osmoregulierer sein, um das innere Ionenmilieu beizubehalten. Sie haben dabei im Laufe der Evolution verschiedene Mechanismen und Strategien entwickelt, die ihnen die Osmoregulation erleichtern:

- Viele Arten besitzen eine **undurchlässige Cuticula**, die ein Eindringen von Wasser verhindert. Eine völlige Abdichtung ist natürlich nicht möglich, da die Tiere Nahrung und Sauerstoff aufnehmen und Ausscheidungsprodukte abgeben müssen.
- Die **Nahrungsaufnahme** bietet aber auch die Möglichkeit, das Reservoir an Salzen im Körperinneren wieder aufzufüllen. „Isoosmotisch essen und wenig trinken" heißt hier die Devise.
- Was mit der Nahrung aufgenommen wird, kann natürlich auch wieder über die Ausscheidungsorgane abgegeben werden. Von großer Bedeutung ist daher ein wirkungsvoller **Ionenrückhalt**. Viele Arten verfügen über sehr starke Resorptionsmechanismen von Kalium-, Natrium- und Chloridionen im Verdauungstrakt und geben Urin ab, der wesentlich salzärmer (hypoosmotisch) ist als die übrigen Körperflüssigkeiten.
- Zahlreiche wasserlebende Insekten besitzen Körperanhänge, die als Kiemen oder Analpapillen bezeichnet werden. Das sind Organe, die mit speziellen Zellen ausgestattet sind und der **aktiven Ionenaufnahme** aus dem Außenmedium (sowie oftmals dem Gasaustausch) dienen. Die Zellverbände werden als Transportepithelien bezeichnet, das heißt, sie sind für einen verstärkten Transport von Salzen ins Körperinnere verantwortlich. Nicht sichtbar, aber in chemischen bzw. physiologischen Versuchen nachweisbar sind solche Transportepithelien auch im Enddarm vieler Wassertiere, wo die über die Nahrung aufgenommenen Ionen zurückgehalten werden. Viele Insekten besitzen so genannte Chloridzellen an der Körperoberfläche, welche ebenfalls einer aktiven Aufnahme von Chloridionen aus dem umgebenden Wasser dienen.

Die Palette von Tricks, mit denen aquatische Organismen ihren Wasser- und Salzhaushalt meistern, ist also vielfältig. Wie sieht es nun in Binnensalzgewässern aus?

4.3.4 Binnensalzgewässer verlangen den Wasserbewohnern Meisterleistungen ab

Betrachten wir zunächst Gewässer, die nur einen leicht erhöhten Salzgehalt aufweisen. Man könnte annehmen, dass solche Verhältnisse den Süßwasserbewohnern entgegenkommen, wenn sie schon – wie gezeigt wurde – mit den „normalen" Bedingungen zu kämpfen haben. Die Salzkonzentration im Außenmedium nähert sich ja jenem der Körperflüssigkeiten an. Bis zu einem gewissen Grad stimmt das auch. So weisen beispielsweise Insekten in leicht konzentrierten Salzgewässern einfach weniger Chloridzellen zum Ionentransport auf als Tiere der gleichen Art, die aus dem Süßwasser stammen. Auch die Fläche der Transportepithelien oder die Größe der Organe zur Osmoregulation (z. B. die Analpapillen) werden in ihrer Ausdehnung verringert. Es sind jedoch auch wieder die kurzfristigen Schwankungen

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

im Salzgehalt, die Probleme bereiten. Tiere, die ihre Osmoregulation nicht ebenso kurzfristig und flexibel umstellen können, haben selbst bei geringen Salzgehalten Schwierigkeiten.

Für die meisten Arten wird dann jener Salzgehalt (meist etwa 10‰) kritisch, bei dem das Innenmedium mit dem Außenmedium isoosmotisch wird. Oberhalb dieser Marke gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder wechseln die Tiere die Strategie und werden zu Osmokonformern, d. h. der osmotische Druck des Körperinneren gleicht sich ständig jenem des Wasser an, sodass kein Gradient entsteht (Abb. 20b: Beispiel Ruderfußkrebs *Boeckella triarticulata).* Dies funktioniert natürlich nur bei hoher zellulärer osmotischer Toleranz oder sehr effektiven Osmoregulationsmechanismen zwischen intra- und extrazellulären Flüssigkeiten. Eine Alternative dazu ist ein Umstieg von hyperosmotischer auf hypoosmotische Regulation. Die Tiere vollführen damit das genaue Gegenteil dessen, womit sie normalerweise beschäftigt sind: Sie versuchen Wasser zurückzuhalten und überschüssige Salze auszuscheiden (Abb. 20b: Beispiel Urzeitkrebs *Artemia salina).*

Nur sehr wenigen Süßwasserarten gelingt es, ihren Wasser- und Salzhaushalt auch dann noch in Schuss zu halten, wenn der osmotische Druck von außen zu stark wird. Jene Arten, die es dennoch geschafft haben, stark salzhältige Binnengewässer zu besiedeln, sind teilweise mit einer höher konzentrierten Hämolymphe ausgestattet als ihre Verwandten im Süßwasser. Zudem zeichnet sich die Außenhaut vieler Arten durch eine extrem geringe Durchlässigkeit für Wasser und Salze aus.

Die meisten der Salzbewohner verfügen schließlich über äußerst effektive Ausscheidungsmechanismen, um den Salzgehalt der Körperflüssigkeit auf niedrigerem Niveau zu halten als das Außenmedium. Die Tricks sind im Grunde die gleichen, welche „normale" Süßwasserformen anwenden, nur wurden sie im Laufe der Evolution speziell auf die besonderen Umweltbedingungen in Binnensalzgewässern angepasst:

- Manche Blattfußkrebse haben beispielsweise spezielle Zellen im Kopfbereich entwickelt, die die Ausscheidung von überschüssigen Salzen bewerkstelligen.
- Im Darmtrakt wird den Ausscheidungsprodukten Wasser entzogen oder sie werden verstärkt mit Salzen angereichert, sodass – wie bei der Stechmückenlarve *Aedes detritus* beobachtet wurde – die Konzentration des abgegebenen Harns jene der übrigen Körperflüssigkeiten um das Vierfache übertrifft.
- Um die Ausscheidung der überschüssigen Salze zu beschleunigen, muss natürlich auch der Durchsatz von Wasser und Salz durch den gesamten Organismus erhöht werden. Einige Arten wie die bekannte Salzfliege *Ephydra* nehmen durch Trinken verstärkt Wasser auf. Ein solches Verhalten wurde auch bei Süßwasserarten nachgewiesen, die in Salzwasser übergeführt wurden. Leider funktioniert diese Form des „Durstlöschens" nur, wenn auch die Möglichkeit zur Ausscheidung der Salze gegeben ist, die mit dem Wasser aufgenommen werden. Arten, die dazu nicht befähigt sind, müssen zu Grunde gehen. Auch Menschen, die nach einem Schiffsunglück auf dem Meer treiben, trinken in ihrer Not oft Meerwasser – und beschleunigen damit nur ihren Untergang.

Im Lichte dieser Mechanismen zur Osmoregulation wird eine gebräuchliche Einteilung aquatischer Organismen entsprechend ihrer Toleranz gegenüber Salzgewässern verständlich. „Stenohalin" im engeren Sinne sind all jene Arten, die über wenig flexible Osmoregulationsmechanismen verfügen und selbst gegenüber geringen Schwankungen des osmotischen Drucks empfindlich sind. „Euryhaline" Arten hingegen können entweder als Konformer oder als Regulierer (mittels hypoosmotischer Regulation) höhere Salzgehalte tolerieren.

4.3.5 Wenn alle Stricke reißen, heißt es „untertauchen"

Eine letzte Möglichkeit gibt es noch, um Perioden mit sehr hohen Salzgehalten zu überstehen. Beispielsweise unter den Kleinkrebsen entwickeln viele Arten so genannte **Dauereier**, wenn die Umweltbedingungen zu extrem werden. Die Eier sind meist äußerst widerstandsfähig gegenüber negativen Umwelteinflüssen wie extrem hohen Temperaturen, hohen Salzkonzentrationen oder sogar Austrocknung. Sie sinken auf den Gewässergrund – und warten dort auf bes-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

sere Zeiten. Sobald das Gewässer wieder Milieubedingungen zu bieten hat, die den Ansprüchen der Art entsprechen, schlüpfen aus den Eiern junge Krebse und stellen damit den Anfang einer neuen Generation.

4.3.6 Die Unvorhersagbarkeit der Umweltbedingungen

Wie bereits mehrfach betont, spielen für aquatische Organismen in Salzgewässern – neben der Gesamtionenkonzentration und dem Verhältnis der einzelnen Ionen zueinander – die zeitlichen Schwankungen im Salzgehalt eine ganz wesentliche Rolle. Der kurzfristige und unvorhersagbare Wechsel der Umweltbedingungen erfordert ständige Korrekturen in der Osmoregulation und verursacht auch bei angepassten Formen Stress.

Stress bedeutet zum Beispiel einen erhöhten Sauerstoffbedarf infolge des Energieaufwandes für die Aufrechterhaltung des Wasser- und Salzhaushalts. Bei der Wasserwanze *Sigara stagnalis* (LEACH, 1817) wurde ab einem Salzgehalt von 6‰ ein dramatischer Anstieg des Sauerstoffverbrauchs festgestellt. Sauerstoff steht jedoch nicht grenzenlos zur Verfügung. Seine Löslichkeit ist in Salzwasser gegenüber Süßwasser deutlich herabgesetzt. Sauerstoff kann somit manchmal der limitierende Faktor für die tierische Besiedlung von Salzgewässern sein.

Auch Verhaltensänderungen sind Stresssymptome bei ungünstigen Milieubedingungen. Die Tiere schränken ihre Mobilität ein, um Energie zu sparen, die sie für den Kampf gegen das Salz benötigen. Eine bei etlichen Arten nachgewiesene Reaktion auf die geänderten Umweltbedingungen ist eine Umstellung der Ernährung auf „weniger salzige" Nahrung.

Selbst euryhaline oder halophile Arten reagieren negativ auf starke Schwankungen des Salzgehaltes, was sich beispielsweise in Wachstumseinbußen äußert. Wird der Stress zu groß, so müssen die Tiere Überdauerungsstadien bilden oder in andere Gewässer auswandern. Dazu sind zwar viele flugfähige Insekten befähigt, Schnecken, Würmer oder die flugunfähigen Larven der Insekten können das jedoch nicht – und sind damit im Extremfall dem Tod geweiht.

4.3.7 Salz ist nicht alles

Der Salzgehalt ist in Binnensalzgewässern ein zentraler Umweltparameter, der die Artenzusammensetzung der Fauna wesentlich mitbestimmt. Daneben sind jedoch zahlreiche andere Faktoren von Bedeutung, die nicht vergessen werden sollten und gerade auch in Salzgewässern Extremwerte annehmen können.

Auf den Sauerstoff wurde bereits eingegangen. Daneben zeichnen sich viele Salzseen durch eine stark erhöhte Trübe, einen hohen pH-Wert und extreme Temperaturschwankungen aus (vgl. Kap. 5.2). Auch in dieser Hinsicht wird den Bewohnern der Salzgewässer viel abverlangt. Angesichts der einförmigen Beckenform vieler Salzlacken kommt auch der Raumstruktur im Gewässer eine große Bedeutung zu. So ist bereits seit langem bekannt, dass jene Salzlacken im Seewinkel, in denen untergetauchte Wasserpflanzen vorkommen, von deutlich mehr Insekten und anderen Wirbellosen besiedelt werden als die strukturlosen, vegetationsfreien Lacken.

Einer der wichtigsten Umweltfaktoren in den Salzlacken ist der jährliche Rhythmus des Wasserstandes, der zu regelmäßigen Austrocknungen vieler Gewässer führen kann (vgl. Kap. 5.1). Hier müssen die Tiere nicht nur die extremen Salzgehalte kurz vor der Austrocknung überstehen, sondern auch die Trockenheit selbst.

Die komplexe Abhängigkeit der Organismen von abiotischen Umweltfaktoren wird schließlich überlagert von einem noch verwirrenderen Geflecht biotischer Beziehungen: Auch die Ernährungssituation, der Räuberdruck und Konkurrenzphänomene bestimmen das Vorkommen von Arten in einem Salzgewässer – aber wenigstens darin gleicht das Leben in Salzseen grundsätzlich jenem „normaler" Gewässer.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.4 Terrestrische Wirbellose

von Georg Wolfram & Klaus Peter Zulka

4.4.1 Wasser um (fast) jeden Preis

Landlebende Arten haben einen entscheidenden physiologischen Vorteil gegenüber aquatischen Organismen: den leichteren Zugang zu Sauerstoff. Die größte Bedrohung, der terrestrische Tiere jedoch ausgesetzt sind, ist die Gefahr der Austrocknung oder Dehydration. Viele weitere Gruppen leben zwar an Land, sind jedoch auf eine Umgebung mit erhöhter Luftfeuchtigkeit angewiesen. Bestes Beispiel dafür ist der Regenwurm, der in einer nahezu wasserdampfgesättigten Atmosphäre im Erdinneren lebt und an der Oberfläche sehr rasch austrocknet.

Das Problem des Wasserverlusts begegnet terrestrischen Tieren in Form von Verdunstung über die Körperoberfläche und insbesondere über die Atmungsorgane, aber auch im Zuge der Exkretion von Ausscheidungsprodukten. Eine verstärkte Wasseraufnahme ist die erste und wichtigste Gegenmaßnahme, doch bietet eine trockene Umgebung oft nicht viel Gelegenheit zum Durstlöschen. Die Tiere müssen findig sein und vor allem in Extrembiotopen jede Chance zum Wassergewinn nutzen. Die Evolution hat dazu raffinierte Techniken entwickelt.

So können beispielsweise Larven der Schwebfliege *Epistrophe* spezielle Analpapillen ausstülpen und damit kleinste Wassertropfen absorbieren. Die Schabe *Periplaneta* vermag sogar Wasser direkt über die Cuticula (= Exoskelett; die oft durch Chitin verstärkte äußerste Hautschicht) aufzunehmen. Dies wird durch eine spezielle Asymmetrie der Außenhaut ermöglicht, welche aufgrund besonderer Strukturen die Diffusion von Wasser nach innen erleichtert. Selbst dort, wo kein freies Wasser vorhanden ist, müssen Tiere nicht verdursten. Der „Mehlkäfer" *Tenebrio*, eine Schwarz- oder Dunkelkäferart, vermag Wasserdampf direkt aus der Luft zu absorbieren, soferne diese eine Luftfeuchtigkeit über 90 % besitzt. Arten der Flohgattung *Xinopsylla* schaffen das schon bei 50 % Luftfeuchtigkeit.

Neben diesen Spezialisten gibt es eine Vielzahl von Bewohnern in Trockengebieten, die ihren Flüssigkeitsbedarf in erster Linie aus der Nahrung decken. Möglicherweise können manche Arten sogar wasserreiche Nahrung selektiv aufnehmen, in jedem Fall fressen viele aber mehr, als sie rein energetisch bräuchten. Das in der Nahrung gebundene Wasser ist wertvoll genug, um sich zu „überessen". Zu den Meistern unter der Durstkünstlern gehört der Reismehlkäfer *Tribolium*, der sein Leben lang – vom Ei bis zur Imago – ausschließlich in trockenem Getreide leben kann und so genanntes Oxidationswasser nutzt, das im Zuge der Atmung (also des metabolischen Abbaus von organischem Material) anfällt.

4.4.2 Wasser alleine ist zu wenig

Wasser alleine macht aber noch nicht glücklich. Jeder Organismus braucht neben der Flüssigkeit auch die nötige Menge und Zusammensetzung von Salzen, um das innere Ionenmilieu aufrecht zu erhalten. Mit direkter Aufnahme von Wasser oder Nahrung wird ein bestimmter Anteil an Salzen aufgenommen, wobei mitunter eine sehr große Wassermenge notwendig ist, um den Bedarf an Elektrolyten zu decken. Der Zahnspinner *Gluphisia* nimmt als adultes Tier durch Trinken pro Minute das doppelte Körpergewicht an Flüssigkeit auf. Das überschüssige Wasser muss aber wieder ausgeschieden werden – bei gleichzeitigem Rückhalt der zuvor aufgenommenen Salze! Und wieder geht es nicht nur um den Gesamtsalzgehalt, sondern um die ganz spezifische Zusammensetzung der Ionen. Tabelle 2 veranschaulicht dies durch Gegenüberstellung der Ionenzusammensetzung im Körperinneren („Soll") und in der aufgenommenen Nahrung („Ist") bei drei terrestrischen Insekten. Keine der drei Arten kommt ohne osmoregulatorische Maßnahmen aus, da sich die Ionenzusammensetzung von Nahrung und Körperflüssigkeit deutlich unterscheidet.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 2: Zusammensetzung der (positiv geladenen) Kationen in der Körperflüssigkeit und der Nahrung bei drei terrestrischen Insekten (ausgedrückt in Millimol pro Liter). Fett markiert sind die jeweils in den höchsten Konzentrationen vorhandenen Ionen.

Insektengattung	Natrium [mMol l^{-1}]	Kalium [mMol l^{-1}]	Kalzium [mMol l^{-1}]	Magnesium [mMol l^{-1}]
Gastrophilus (Bremse)	**175**	12	12	64
Nahrung: Pferdeblut	**85**	31	4	6
Dixippus (Gespenstheuschrecke)	9	28	32	**284**
Nahrung: Ligusterblätter	46	152	**1.650**	80
Leptinotarsa (Blattkäfer)	4	65	96	**378**
Nahrung: Erdäpfelblätter	–	145	**258**	172

Gerade an Salzstandorten kann jedoch dieses Wechselspiel der Aufnahme und des Ausscheidens von Wasser und Salz zum Problem werden, denn die Möglichkeiten zur Regulation des Salzhaushalts, also der Osmoregulation, sind begrenzt, und nicht alle Arten kommen in gleichem Ausmaß mit hohen Außenkonzentrationen von Salzen zurecht. Umgeben von Wasser – in der falschen Zusammensetzung und Konzentration – können Tiere an Wassermangel zugrunde gehen. Nur Arten, die über spezielle Anpassungen verfügen, vermögen Trockengebiete und Salzlebensräume, also Orte, die gewissermaßen durch ein Ungleichgewicht zwischen Wasser und Salz gekennzeichnet sind, zu besiedeln.

Insekten auf Salzstandorten sind ähnlich wie Wüstentiere von Austrocknung bedroht; entzieht den Wüstentieren die Hitze das Körperwasser, so ist es bei den Salzorganismen der hohe osmotische Wert der Umgebungslösung, der zu einer schnellen Vertrocknung führen würde. Eine absolut wasserdichte Cuticula ist daher für beide Gruppen überlebensnotwendig. Eine solche Wachsschicht weist die Assel-Cuticula nicht auf, sie ist damit wesentlich wasserdurchlässiger als die Cuticula von Insekten. Asseln müssen daher mit ihrer Lebensweise den Anforderungen des Lebensraums Rechnung tragen. So halten sich beispielsweise Rollasseln tagsüber in feuchten Rückzugsräumen auf und gehen nur in der Nacht auf Nahrungssuche. In Trocken- oder Salzgebieten nutzen die meisten Arten verwesendes Pflanzenmaterial als Hauptwasserquelle, können aber auch Wasser direkt über den Mund – oder den Anus! – aufnehmen.

Der Großteil der Osmoregulation findet jedoch im Körperinneren statt. Es geht dabei um eine saubere Trennung von Wasser und Salz auf ihrem Weg durch den Verdauungstrakt und durch die Exkretionsorgane. Insekten haben für die Exkretion spezielle Organe, die so genannten Malpighischen Gefäße, entwickelt. Ohne auf die komplizierten Mechanismen einzugehen, die hinter dem erforderlichen Wasser- bzw. Salzrückhalt stehen, soll Tabelle 3 lediglich diesen Effekt am Beispiel einer Heuschrecke veranschaulichen, welcher Süßwasser zum Trinken angeboten wurde.

In der Hämolymphe (der Körperflüssigkeit der Gliedertiere) finden sich die höchsten Konzentrationen an Natrium und Chlorid. Kalium spielt eine zentrale Rolle im Primärharn, der in den Malpighischen Gefäßen gebildet wird. Auf osmotischem Wege diffundiert auch Wasser, welches gleichzeitig andere Ausscheidungsprodukte mit sich führt, in die Ausscheidungsorgane. Die Resorption des Wassers und der anorganischen Ionen erfolgt schließlich im Enddarm durch spezielle Transportmechanismen, wobei die Ausscheidungsprodukte in dem letztlich ausgeschiedenen Urin bleiben, welcher einen ungleich höheren osmotischen Druck aufweist als Körperflüssigkeit oder Primärharn.

Es ist leicht vorstellbar, wie die Verhältnisse der Ionen in den drei Körperkompartimenten aussähen, müsste die Heuschrecke Salzwasser trinken. Die überschüssigen Ionen müssten ausgeschieden werden; eine Resorption insbesondere von Natrium (und im Gefolge Chlorid) aus dem Enddarm zurück in die Körperflüssigkeit wäre nicht notwendig – sehr wohl aber ein umso effektiverer Rückhalt des Wassers.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Osmotischer Druck und Konzentration ausgewählter Ionen in der Körperflüssigkeit (Hämolymphe), im Primärharn (gebildet in den Malpighischen Gefäßen) und im Enddarm einer Feldheuschrecke. Fett markiert sind jeweils die höchsten Konzentrationen der drei Ionen bzw. der Ort des höchsten osmotischen Druckes.

Kompartiment	Osmot. Druck [mMol l^{-1}]	Natrium [mMol l^{-1}]	Kalium [mMol l^{-1}]	Chlorid [mMol l^{-1}]
Körperflüssigkeit	214	**108**	11	**115**
Malpighische Gefäße (Primärharn)	226	20	**139**	93
Enddarm	**433**	1	22	5

Ob das Tier diesen Spagat schafft, hängt davon ab, wie gut die Resorptionsmechanismen im Enddarm sind. Vereinfacht gesagt hat eine Art, die ein hohes Konzentrationsgefälle zwischen Urin und Körperflüssigkeit überwinden kann (und zwar durch aktiven Ionentransport an den Membranen des Enddarms) gute Chancen, die Salzdiät zu überstehen – und erfüllt damit eine Voraussetzung, um an höher konzentrierten Salzstandorten überleben zu können.

Vorteilhaft für das Überleben im salinen Bereich ist es freilich, wenn die Ionenpumpen erst gar nicht in Aktion treten müssen, wenn also von vornherein verhindert werden kann, dass hohe Salzkonzentrationen im Körper entstehen. Viele Salzbodenbewohner vermeiden es daher nach Möglichkeit, übermäßig Salz über die Nahrung aufzunehmen. Kurzflügelkäfer der Gattung *Bledius* legen nach Regenfällen Nahrungsdepots mit Algen an und verhindern damit die Aufnahme großer Salzmengen, bei höherer Salinität sind die Tiere besonders wählerisch oder nehmen überhaupt weniger Nahrung zu sich (FOSTER & TREHERNE 1976).

Dennoch wird es immer wieder notwendig sein, den Salzgehalt im Körper zu regulieren. Die Hundertfüßler *Strigamia maritima* (LEACH 1817) und *Hydroschendyla submarina* (GRUBE 1869) leben im Gezeitenbereich des Meeres. Die beiden Meeresküstenarten haben, verglichen mit Arten terrestrischer Standorte, auffallend vergrößerte Speicheldrüsen. Es wird vermutet, dass diese Drüsen eine Rolle in der Salzsekretion spielen (LEWIS 1981).

Auf jeden Fall ist die Salzregulation ein energieintensives Unterfangen. So steigt der Sauerstoffverbrauch der Ruderwanze *Sigara stagnalis* (LEACH 1817) kräftig an, wenn die Salinität des Milieus erhöht wird (FOSTER & TREHERNE 1976). Das Leben in salinen Bereichen ist also mit erheblichem metabolischem Aufwand verbunden. Die terrestrischen Arten an Salzstandorten könnten dafür geringerem Wettbewerb, geringerem Parasitenbefall und geringerer Prädation ausgesetzt sein. Halophile und halobionte Arten wären demnach jene, die unter der Salinität am wenigsten leiden, zumindest aber weniger als ihre Konkurrenten und Feinde. Die Artenzahl von Prädatoren und parasitischen Arten auf Salzstandorten ist allerdings beträchtlich. Die Hypothese, dass auf salinem Territorium das Ausmaß biotischer Wechselwirkungen tatsächlich niedriger ist als in anderen Lebensräumen, bliebe experimentell zu bestätigen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5 Hydrologie und Chemismus der Salzgewässer

5.1 Hydrologie und Lackenwasserhaushalt im Seewinkel

von Karl-Heinz Steiner

5.1.1 Einleitung

Das Funktionieren des Ökosystems Salzlebensraum ist speziell im burgenländischen Seewinkel in mehrfacher Weise untrennbar eng an das Vorhandensein eines ausreichenden Wasserangebotes geknüpft. Das „universelle Lebensmittel Wasser" war nicht nur an der Formung des gegenwärtigen Landschaftsbildes maßgeblich beteiligt, sondern spielt(e) als Lösungs- und Transportmittel auch bei der Bodenentwicklung und besonders bei der Anreicherung von Salzen in oberflächennahen Bodenschichten eine wesentliche Rolle. Erst dadurch konnte sich in der Nacheiszeit unter den besonderen klimatischen Voraussetzungen des pannonischen Raumes aus einer randalpinen Aufschotterungsebene ein hochsensibel vernetztes Ökosystem aus Salzböden und Salzlacken entwickeln, das von hochangepassten pflanzlichen und tierischen „Spezialisten" besiedelt wurde und wird. Durch ihre Abhängigkeit sind es aber gerade die „Spezialisten", die von plötzlichen Veränderungen der Lebensbedingungen besonders bedroht sind.

Am Beispiel einiger ausgewählter Salzlacken des zentralen Seewinkels soll gezeigt werden, welche Faktoren zu berücksichtigen sind, um den Wasserhaushalt der Lacken verstehen und Schwankungen ihrer Wasserführung interpretieren zu können. Dieses Verständnis ist die Voraussetzung, um erforderlichenfalls zielführende wasserwirtschaftliche Regulierungsmaßnahmen zur Erhaltung der Salzbiotope ergreifen zu können.

5.1.2 Lackenentwicklungen

In der Literatur herrscht über die Entstehung der Lacken entlang des Neusiedler See-Ostufers (Raum Illmitz-Podersdorf) aus abgeschnürten Teilen eines ehemals ausgedehnteren Neusiedler Sees weitgehende Einigkeit. Im Gegensatz dazu wurden zur Entstehungsgeschichte der Lacken im zentralen Seewinkel (Raum Apetlon-Frauenkirchen) verschiedene Modelle entwickelt und veröffentlicht. Nach TAUBER (1959) entstanden die Lackenmulden als Folge von Setzungsvorgängen im Untergrund, die im Zusammenhang mit Vertikalbewegungen entlang geologischer Bruchzonen am Rand der Kleinen Ungarischen Tiefebene stehen könnten. RIEDL (1965) hingegen führt die Entstehung der Lacken auf Eislinsenbildungen („Pingos") während der letzten Eiszeit zurück. Demnach bildeten sich gleichzeitig mit der Ablagerung der Seewinkelschotter im oberflächennahen Untergrund flache, ausgedehnte Eiskörper, nach deren Abschmelzen die Lackenmulden in der Landschaft zurückblieben. Obwohl eine abschließende Klärung dieser Fragen noch aussteht, lassen sich doch zumindest charakteristische morphologische Gemeinsamkeiten finden, die für den Wasserhaushalt der Lacken und damit für ihre ökologische Funktion bedeutsam sind:

Die Lacken liegen in sehr flachen, aber zumeist deutlich ausgeprägten Geländemulden. Vor allem die ost- bis südost-exponierten Ränder einiger Lacken (z. B. Lange Lacke, Wörtenlacken) sind durch steilere, vermutlich von Eisdruck mitgeprägte Strandwälle (Abb. 21 auf der nächsten Seite) gekennzeichnet. Vom Fuß der Lackenumrandung nimmt das Gefälle des Lackenbodens zu den Lackenzentren hin ab. Die tiefstgelegenen Anteile der Lackenmulden sind nahezu eben und meist strukturlos. Inselbildungen und schmale

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 21: Strandwallbildung durch einen kleinen Eisstoß (Lange Lacke Ostufer im Dezember 1992) *(Foto: K.-H. Steiner).*

Landzungen im Inneren der Lackenmulden gehören eher zu den Ausnahmeerscheinungen (z. B. Lange Lacke). Für den Wasserhaushalt von wesentlicher Bedeutung ist, dass die Lackenmulden ursprünglich keine oberirdischen Zu- und Abflüsse besaßen, womit das oberirdische Einzugsgebiet der Lacken im Wesentlichen durch die Berandung der Lackenmulden gegeben war. Im Zuge der Urbarmachung des Geländes wurden im letzten Jahrhundert allerdings zahlreiche Lacken durch Kanalsysteme miteinander verbunden. Der Zweierkanal beispielsweise entwässert den zentralen Seewinkel südlich von Frauenkirchen und verbindet unter anderem den St. Andräer Zicksee, die Wörtenlacken und die Lange Lacke mit dem Einserkanal (Abb. 22).

Die flache Ausformung der Lackenmulden und die geringen Wassertiefen (meist nur einige Dezimeter) führen dazu, dass sich schon geringfügige Schwankungen der Wassertiefe in gravierender Weise und

Abb. 22: Der so genannte Zweierkanal bei Apetlon im April 1996 *(Foto: K.-H. Steiner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

unmittelbar auf ökologisch bedeutsame Faktoren auswirken können. Je flacher und seichter die Lacken sind, desto veränderlicher sind die Größe der Wasserfläche, die Länge und die Lage der benetzten Uferlinie, das verfügbare Wasservolumen und damit einhergehend die Temperatur und der Salzgehalt des Lackenwassers (Abb. 23).

5.1.3 Schwankungen im Wasserhaushalt

Veränderungen der Lackenwasserstände (der Wassertiefe) sind, abgesehen von kurzfristigen, durch Wind- und Luftdruck bedingten Schwankungen (s. u.), stets die Folge von Veränderungen in der Lackenwasserbilanz, deren wesentliche Komponenten in Abbildung 24 dargestellt sind.

Veränderungen in der Lackenwasserführung (im „Lackenwasserhaushalt") können somit auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein, die sich aber jeweils unterschiedlich auf die Dauer und das Ausmaß der Schwankungen auswirken. Der üblicherweise zu beobachtende Jahresgang des Lackenwasserstandes (der Wassertiefe) ist die Folge der jahreszeitlich wechselnden Witterungsentwicklungen, die den Wasserstand jeweils über mehrere Wochen und Monate lang maßgeblich beeinflussen. Daneben können aber auch sowohl sehr kurzfristige (tagelange), als auch langfristige (jahre- und jahrzehntelange) Schwankungen beobachtet werden.

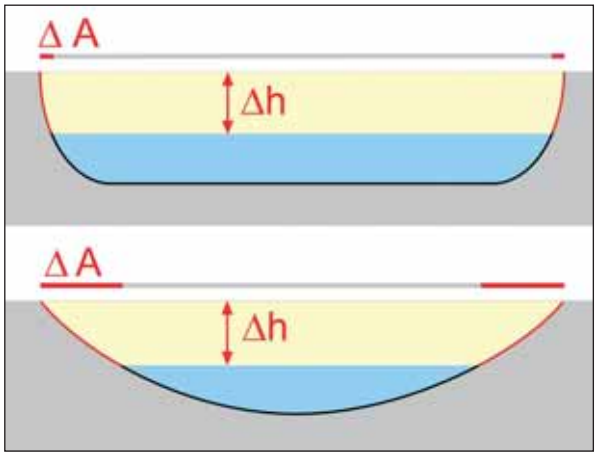


Abb. 23: Einfluss von Lackenform und Wasserspiegellage auf Wasserfläche und -volumen *(Grafik: K.-H. Steiner).*

Konkret zeigen die Lacken normalerweise einen ausgeprägten Jahresgang mit Höchstständen in den Spätwintermonaten und Tiefstständen im Herbst, die im Wesentlichen aus den mittelfristig vorangegangenen Niederschlags-, Lufttemperatur-, Wind- und Strahlungsverhältnissen resultieren (Abb. 25). Bei sehr großen seichten Gewässern können aber auch tagelang anhaltende konstante Starkwinde zu beträchtlichen Wasserverfrachtungen und zu einer Schrägstellung des Wasserspiegels führen, wodurch sich an ein und derselben Lacke kurzfristig Trocken- und Überschwemmungszonen ausbilden können (SAUERZOPF 1959a).

Abb. 24: Komponenten des Lackenwasserkreislaufes *(Grafik: K.-H. Steiner).*

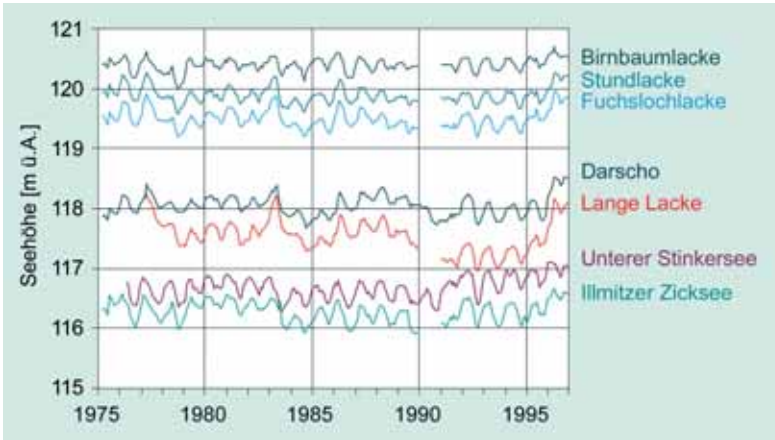


Abb. 25: Wasserstände an ausgewählten Salzlacken des Seewinkels im Zeitraum 1975-1996. *Datenquelle: Amt der Burgenländischen Landesregierung (Grafik: K.-H. Steiner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Von besonderem Interesse sind jedoch langfristige Änderungen im Wasserhaushalt der Lacken, weil diese ökologisch die gravierendsten Auswirkungen besitzen (Abb. 26 & 27). Ursache dieser bedeutendsten Wasserstandsschwankungen können sowohl überregionale langfristige Klimaschwankungen, als auch lokale Eingriffe des Menschen in den Wasserkreislauf sein. Zu letzteren gehören die Anlage von Be- und Entwässerungskanälen, Dränagen und Brunnen (Abb. 28 & 29) zur landwirtschaftlichen Nutzbarmachung des Gebietes ebenso, wie die Anlage von Kiesgruben (Abb. 30), Verkehrs-, Gewerbe- und Wohnflächen. Aber auch die künstliche Bewässerung und Regulierung von Lacken für Jagd- und Fischereizwecke (z. B. Darscholacke) oder zur touristischen Nutzung (z. B. Zicksee bei St. Andrä) stellen nachhaltige Eingriffe in den Wasserhaushalt einzelner Lacken dar.

Abb. 26: Die Lange Lacke im August 1993 *(Foto: K.-H. Steiner)*.

Abb. 27: Die Lange Lacke im April 1996 *(Foto: K.-H. Steiner)*.

Darüber hinaus können mittel- bis langfristig wirksame Überlagerungseffekte auftreten, bei denen es durch die Summierung der Auswirkungen verschiedener Ursachen zu einer verstärkten Beeinflussung des Wasserhaushaltes im Gebiet kommen kann (Rückkoppelungseffekte). Beispielsweise erfordern anhaltende niederschlagsarme Perioden, in denen es im Seewinkel ohnehin zu keiner Grundwasserneubildung kommen kann, eine verstärkte Grundwasserentnahme zu Bewässerungszwecken (Abb. 29), was zu einem weiteren Absinken des Grundwasserspiegels und so zu einem allmählichen Aufbrauch der Grundwasserreserven führen kann.

Das Ausmaß der langfristigen Veränderungen, welche die Lackenlandschaft als Ganzes bedrohen, wird von SUPPER & FALLY (1993) dokumentarisch zum Ausdruck gebracht: Demnach verzeichneten im Zeitraum zwischen 1945 und 1989 56 von 99 beschriebenen Lacken nennenswerte Flächeneinbußen. 50 von 99 Lacken mussten in der Zwischenzeit als „stark verändert" oder „zerstört" klassifiziert werden.

Abb. 28: Einer von über 110 Brunnen im Gebiet Lange Lacke – Wörtenlacken *(Foto: K.-H. Steiner)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5.1.4 Wasserbilanzen

Um im konkreten Fall Änderungen im Wasserhaushalt einzelner Lacken festzustellen, ist es notwendig, deren Wasserbilanz zu erstellen. Dazu sind die Wassermengen aller beteiligten Komponenten zu bestimmen. Gemäß Abbildung 24 sind dies grundsätzlich folgende Kenngrößen:

Wassereintrag in die Lacke:

- Direktniederschlag auf die Lacke (N)
- Grundwasserzufluss (Zu)
- Zufluss aus Oberflächengewässern (Zo1; Dränagegräben)
- Diffuser Oberflächenzufluss aus Niederschlagswasser im Einzugsgebiet (Zo 2)
- Zufluss durch künstliche Dotationen (kD), beispielsweise durch Einleitung.

Der Gesamtzufluss zur Lacke wird durch die Aufsummierung aller Zuflusskomponenten bestimmt.

Wasseraustrag aus der Lacke:

- Verdunstung von der Wasseroberfläche (E; Evaporation)
- Verdunstung durch Stoffwechsel von Pflanzen (T; Transpiration)
- Verdunstung von benetzten mineralischen oder organischen Oberflächen (I; Interzeption)
- Abfluss ins Grundwasser (Au; Grundwasser)
- Oberirdischer Abfluss (Ao; Dränagegräben)
- Künstliche Entnahmen (kE).

Der Gesamtabfluss von der Lacke wird durch die Aufsummierung aller Abflusskomponenten bestimmt.

Zwischenspeicherung:
Feste Niederschläge in Form von Schnee und Eis im Einzugsgebiet außerhalb der Wasserfläche werden zeitlich begrenzt gespeichert und stehen der Lacke damit nicht unmittelbar zur Verfügung. Diese „Speicherkomponente" ist nicht bei längerfristigen Bilanzierungszeiträumen, wohl aber bei kurzzeitigen Betrachtungen zu berücksichtigen.

Die Wasserbilanz ist für einen bestimmten Zeitraum ausgeglichen, wenn Gesamtzuflussmenge und Gesamtabflussmenge gleich groß sind. Der Lackenwasserspiegel bleibt in diesem Fall konstant, während jedes Ungleichgewicht zu einer Veränderung des Wasserspiegels führt. Änderungen im Wasserhaushalt einer Lacke lassen sich daher messtechnisch einfach durch die regelmäßige Beobachtung und Aufzeichnung der Wasserstände (z. B. durch den Hydrografischen Dienst) dokumentieren.

Abb. 29: Intensive landwirtschaftliche Nutzung erfordert mitunter intensive Nutzung der (Grundwasser-)Ressourcen *(Foto: K.-H. Steiner).*

Abb. 30: Kiesgruben sind Eingriffe in den Wasserhaushalt und können auch die Qualität des Grundwassers beeinflussen. Apetlon im April 1996 (Hochwasser) *(Foto: K.-H. Steiner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

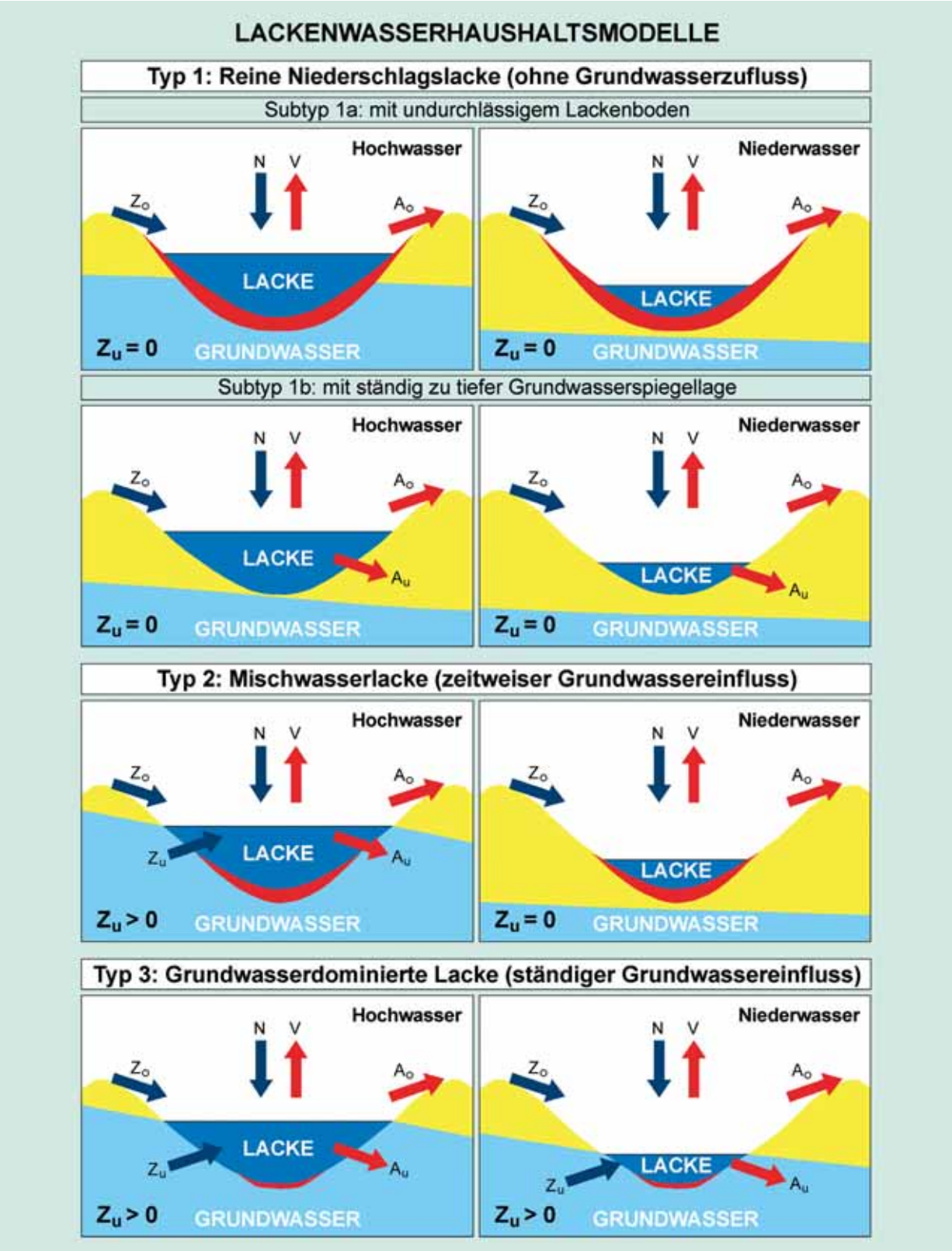


Abb. 31: Lackenwasserhaushaltsmodelle für den Seewinkel. Abkürzungen siehe vorherige Seite *(Grafik: K.-H. Steiner)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Im Gegensatz zur Dokumentation von Wasserhaushaltsänderungen ist die Klärung ihrer Ursachen in der Praxis sehr viel aufwendiger und schwieriger. Dazu wäre nämlich eine möglichst genaue mengenmäßige Bestimmung der einzelnen Bilanzglieder der Wasserhaushaltsgleichung erforderlich, was für viele der Komponenten messtechnisch nur schwer (z. B. Evaporation), meist aber überhaupt nicht (z. B. Transpiration, Interzeption, diffuser Oberflächenzufluss, Grundwasserzu- und abfluss) möglich ist. So sind vor allem die Höhe der Verdunstung und der Einfluss des Grundwassers auf den Lackenwasserhaushalt im konkreten Einzelfall weitgehend unbekannte Größen. Um dennoch wissenschaftlich haltbare Erklärungen für die Ursachen beobachteter Wasserhaushaltsänderungen zu finden, müssen daher beschreibende geohydrologische Modellvorstellungen zur Wasserbilanz entwickelt werden. Diese theoretischen Modelle sind dann unter Zuhilfenahme aller verfügbaren messbaren Informationen über die Lacke auf ihre Vertrauenswürdigkeit hin zu überprüfen. So stellen beispielsweise Angaben zur Durchlässigkeit des Lackenuntergrundes wesentliche Zusatzinformationen dar. Dabei sind sowohl das Ausmaß der Durchlässigkeit (hydraulische Leitfähigkeit) als auch die räumliche Verteilung durchlässiger Lackenbereiche von großer Bedeutung. Weiters lassen sich durch die Untersuchung chemisch-physikalischer Parameter verschiedener Wässer (Niederschlags-, Grund-, Oberflächenwasser) Rückschlüsse auf die Herkunft, sowie auf Transport- und Austauschvorgänge zwischen den beteiligten Komponenten der Wasserbilanz ziehen.

5.1.5 Geohydrologische Modelle des Lackenwasserhaushalts

Für die Salzlacken im Seewinkel sind im Wesentlichen drei Wasserhaushaltsmodelle vorstellbar (Abb. 31):

1. Reine Niederschlagslacken
Bei diesen ist die Lackenwanne entweder zur Gänze undurchlässig (Subtyp 1a) oder die durchlässigen Lackenbodenbereiche liegen zu jeder Zeit höher als der Grundwasserspiegel (Subtyp 1b). In beiden Fällen ist der Lackenwasserstand unabhängig vom umgebenden Grundwasser. Das Lackenwasser setzt sich aus dem Niederschlagswasser und etwaigen Oberflächenzuflüssen zusammen. Lacken dieses Typs sind durch starke Schwankungen der Wasserführung und häufige Trockenperioden gekennzeichnet (z. B. Martinhoflacke bei Apetlon).

2. „Mischwasserlacken"
Hierbei handelt es sich um eine Zwischenform. Voraussetzung ist, dass die Lackenwanne zumindest in Teilbereichen durchlässig ist und dass die durchlässigen Lackenbodenbereiche zeitweise unter dem Niveau des Grundwasserspiegels liegen, sodass das Lackenwasser neben Niederschlagswasser und oberflächlich zufließendem Wasser auch einen wechselnden Grundwasseranteil enthalten kann. Als Beispiel für diesen Typus seien die Lange Lacke und die Wörtenlacken am Beginn der 1990er Jahre angeführt (vgl. Kap. 5.1.6).

3. Grundwasserdominierte Lacken
Wie bei den Lackentypen 1b und 2 ist die Lackenwanne hier ebenfalls zumindest in Teilbereichen durchlässig. Der Unterschied besteht darin, dass der Grundwasserspiegel aber ständig im Bereich durchlässiger Lackenteile liegt. Neben dem Niederschlagswasser und oberirdisch zugeflossenem Wasser ist immer auch ein entsprechender Grundwasseranteil enthalten. Der Lackenwasserspiegel liegt nie tiefer als der umgebende Grundwasserspiegel. Alle vom Menschen unbeeinflussten und nur höchst selten austrocknenden Lacken gehören zu diesem Typus (z. B. Östliche Wörtenlacke).

Je nach langfristigem Grundwasserstandsverlauf sind Entwicklungen vom Subtyp 1b über Typ 2 zu Typ 3 und umgekehrt möglich.

Zur Erleichterung von wasserwirtschaftlichen Grundsatzentscheidungen und Planungen im ökologischen Wirkungsbereich der Lacken wäre eine Einordnung aller noch existierenden Seewinkellacken in eine dieser Kategorien (Typisierung) sinnvoll und wünschenswert. In der Praxis stößt dies jedoch insofern auf Schwierigkeiten, als sich besonders der Nachweis durchlässiger Bereiche sehr problematisch gestaltet, da Untersuchungen des Bodenaufbaues nur bei trockenem Lackenboden durchführbar sind. Indirekte Methoden zum Nachweis der Wechselwirkung

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

verschiedener Wasserhaushaltskomponenten, beispielsweise durch die Analyse chemisch-physikalischer Merkmale der Wässer, sind mit großem analytischem und finanziellem Aufwand verbunden. Da außerdem bislang eine allgemein anerkannte Theorie zur Entstehung der Lacken fehlt und die Lackenentstehung auch nicht notwendigerweise nur auf einen Mechanismus beschränkt sein muss, sind die Ergebnisse von Einzeluntersuchungen auch nicht vorbehaltlos auf andere, nicht untersuchte Lacken übertragbar.

Abb. 32: Die Östliche Wörtenlacke trocknete erstmalig im August 1993 aus *(Foto: K.-H. Steiner)*.

Abb. 33: Überschwemmte Pferdekoppel bei Illmitz während des Hochwassers im April 1996 *(Foto: K.-H. Steiner)*.

Detaillierte Untersuchungen zur Klärung der wesentlichen Einflussfaktoren auf den Lackenwasserhaushalt wurden bisher nur im Gebiet der Langen Lacke durchgeführt. Über deren Ergebnisse wird im folgenden Kapitel berichtet.

5.1.6 Lange Lacke und Wörtenlacken

Wasserstandsentwicklung

Während vom hydrographischen Dienst meteorologische Daten aus dem Seewinkel bereits seit nahezu 100 Jahren (Halbturn seit 1901) gesammelt werden, wurde mit der Dokumentation der Grundwasserstände erst in den frühen 1950er Jahren begonnen. Kontinuierliche Aufzeichnungen über die Wasserführung einzelner Lacken gibt es überhaupt erst seit etwa 1975 (Abb. 25). Über ältere Entwicklungen der Lackenwasserführung geben daher allenfalls einzelne Aufzeichnungen und die mündliche Überlieferung Auskunft, was die Interpretation langfristiger Entwicklungen entsprechend erschwert.

Der mündlichen Überlieferung zufolge ist die Lange Lacke zumindest seit den späten 1940er Jahren bis zum Beginn der Aufzeichnungen (1977) nie zur Gänze trockengefallen. Von den üblichen jahreszeitlichen Schwankungen abgesehen, war die Lacke auch in den späten 1970er Jahren und in den 1980er Jahren stets wasserführend (minimale Wassertiefe ca. 23 cm im September 1984), womit die Lange Lacke und die benachbarten Wörtenlacken langfristig gesehen zu den beständigsten Seewinkellacken gehören. Diese Situation änderte sich dramatisch zu Beginn der 1990er Jahre, als die Lange Lacke in den Jahren 1990-1993 in den Sommermonaten jeweils für mehrere Wochen vollständig austrocknete. Im Jahr 1993 wurde auch die erste und einzige vollständige Austrocknung der Östlichen Wörtenlacke dokumentiert (Abb. 32), womit in diesem Jahr erstmals alle vom Menschen weitgehend unbeeinflussten Oberflächengewässer des Seewinkels ausgetrocknet waren. Auch die Sommermonate der Jahre 1994 und 1995 waren noch von einer deutlich unterdurchschnittlichen Wasserführung geprägt. Im Frühjahr 1996 kam es dann neuerlich zu sehr dramatischen Veränderungen in der Lackenwasserführung, insofern, als im gesam-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ten Seewinkel weitreichende Ausuferungen zahlreicher Lacken beobachtet werden konnten und Lackenwasserstände, die im Bereich der Höchstwerte seit Beginn der Aufzeichnungen lagen (maximale Wassertiefe Lange Lacke im April 1996: ca. 1,10 m) verzeichnet wurden. Selbst Lackenmulden, die seit Jahrzehnten trocken und zwischenzeitlich bereits für landwirtschaftliche Zwecke oder Ansiedelungen genutzt worden waren, waren plötzlich wieder geflutet, was vereinzelte Schäden für die Landwirtschaft zur Folge hatte (Abb. 33).

Die ungewöhnliche Häufung von Trockenperioden zu Beginn der 1990er Jahre mit ihren drastischen unmittelbaren Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzengemeinschaften im Lackenbereich bildete letztendlich den Anlass für eine intensive Auseinandersetzung mit den Einflussfaktoren auf den Wasserhaushalt der Langen Lacke. Studien zu diesem Thema wurden von KRACHLER (1992), BELOCKY et al. (1992) und STEINER (1994) betrieben.

Ziele und Methoden der Untersuchungen

Aufgrund der bereits erwähnten Unsicherheiten in der messtechnischen Bestimmung der Verdunstungskenngrößen konzentrierten sich alle genannten Autoren auf die Kernfrage, ob eine Beeinflussung des Lackenwasserhaushaltes durch das Grundwasser grundsätzlich möglich ist. Zu diesem Zweck wurden Vergleiche zwischen den Grund-, Lackenwasserstands- und Niederschlagsganglinien angestellt. Durch flächendeckende Beobachtung des Grundwasserspiegels sollten Anhaltspunkte über die mitunter verschiedenen Grundwasserströmungsrichtungen im Laufe eines Jahres gewonnen werden. Diese Untersuchungen wurden ergänzt durch geologische Aufnahmen des Lackenbodens (Bohrungen und Kartierungen) zur Bestimmung der Durchlässigkeit. Von chemischen und physikalischen (Salzgehalt, Isotopenzusammensetzung des Wassers) Reihenuntersuchungen waren Hinweise auf die Herkunft des Lackenwassers zu verschiedenen Jahreszeiten zu erwarten.

Ganglinienauswertung

Die langjährige Entwicklung der Wasserstände der Langen Lacke und der Grundwasserstände in deren Zustrombereich sowie die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge der Station Apetlon-Paulhof sind in Abbildung 34 dargestellt. Rot ausgewiesen sind die Niederschlagssummen im „Sommerhalbjahr" (April bis September), blau die Niederschlagssumme in den „Wintermonaten" (Oktober bis März). Die rote und die blaue waagrechte Linie markieren den mittleren Sommer- bzw. Winterniederschlag im Zeitraum von 1975-1996 (354 mm bzw. 227 mm).

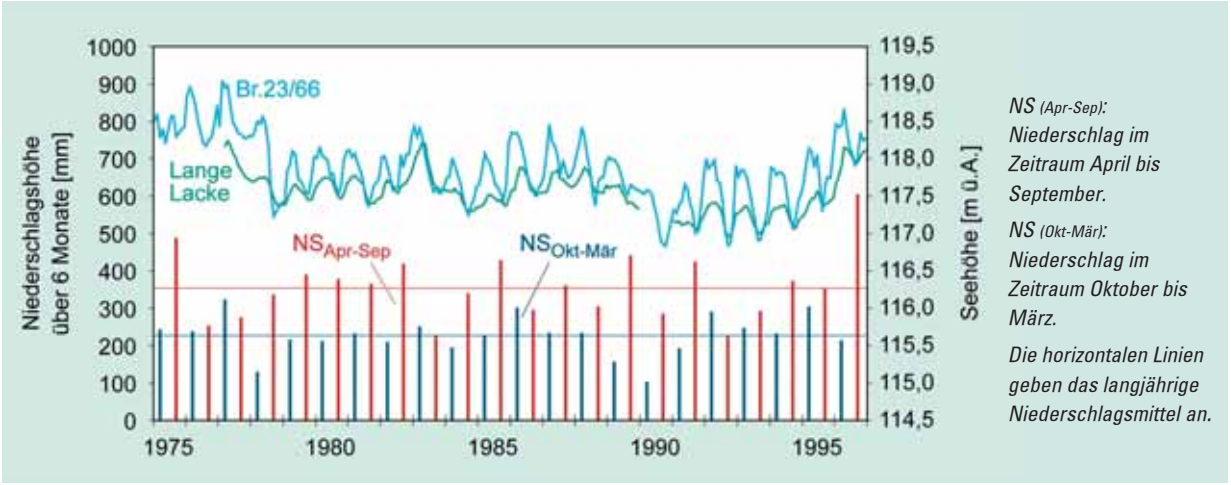


Abb. 34: Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung, Grundwasserverlauf (Brunnen 23/66) und Wasserstandsganglinien an der Langen Lacke im Zeitlauf 1975-1996 (*Datenquelle: Amt der Burgenländischen Landesregierung, Grafik: K. H. Steiner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Der Lacken- und der Grundwasserstand zeigen jeweils einen deutlichen Jahresgang und verlaufen im Allgemeinen parallel, wobei die Höchst- und Tiefststände der Langen Lacke gleichzeitig mit oder wenige Wochen nach den entsprechenden Grundwasserspitzen auftreten. Besonders markant im Ganglinienverlauf sind die nachhaltigen Wasserspiegelabsenkungen in den Jahren 1978 und 1989/90.

Betrachtet man dazu die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, so fällt auf, dass in den Jahren 1978, 1984 und 1989-1991 die Winterniederschläge und in den Jahren 1976-1977, 1983, 1986, 1988, 1990 und 1992-1993 auch die Sommerniederschläge deutlich unter dem Durchschnitt für den Zeitraum 1975-1996 liegen.

Grundwasserschichtenlinienpläne

Die Auswertung der für den Zeitraum von Oktober 1992 bis September 1993 monatlich erstellten Grundwasserschichtenpläne (STEINER 1994) lieferte zusammen mit der Höhenvermessung des Lackenbodens (BELOCKY et al. 1992) das Ergebnis, dass der Grundwasserspiegel in den Wintermonaten 1992/93 deutlich über dem tiefsten Lackenbodenniveau lag, während er in den Sommermonaten (ab Ende Juni 1993) unter den tiefsten Lackenteilen lag, was bedeutet, dass in den Sommermonaten keinesfalls Grundwasser in die Lange Lacke strömen konnte und diese daher bis zum Herbst eine reine Niederschlagslacke (Typ 1) darstellte.

Untergrundverhältnisse

Im Allgemeinen sind die zentralen, tiefstgelegenen Lackenteile aus wasserundurchlässigen schluffigen Tonen mit vereinzelt eingeschalteten Feinsandlinsen aufgebaut. Die seitliche Ausdehnung und Mächtigkeit („Dicke") der schluffigen Tone sowie ihre Verteilung über die Lackenfläche ist ausgesprochen unregelmäßig. In der Regel beträgt die Mächtigkeit dieser wasserundurchlässigen Sedimente über einen Meter. Besonders entlang der südlichen Ränder der vegetationslosen Lackenbodenbereiche konnten jedoch sowohl in der Langen Lacke als auch in beiden Wörtenlacken Zonen gefunden werden, die aus gut durchlässigen Sanden aufgebaut sind, deren Mächtigkeit bis unter den sommerlichen Grundwassertiefststand reicht (STEINER 1994). Damit konnten Bereiche gefunden werden, über die ein Austausch zwischen Grund- und Lackenwasser generell möglich ist, d. h. in denen Grundwasser (zu Zeiten hoher Grundwasserstände) in die Lacke fließen, bzw. auch Lackenwasser (zu Zeiten tiefer Grundwasserstände) in den Untergrund versickern kann.

Isotopenhydrologie

Wasserteilchen (H_2O-Moleküle) aus dem Grundwasser und Wasserteilchen aus einem starker Verdunstung ausgesetzten Wasser (z. B. Lackenwasser) unterscheiden sich voneinander in ihren Gehalten an bestimmten Isotopen der chemischen Elemente Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Diese Tatsache erlaubt es, durch Isotopenmessungen Wasseraustauschvorgänge zwischen Wässern unterschiedlicher Herkunft festzustellen. Auch das Wasseralter (die „Verweilzeit") lässt sich mit geeigneten „Isotopenmethoden" abschätzen. Im Abstrombereich der Langen Lacke konnte damit zweifelsfrei versickertes Lackenwasser im Grundwasser und damit ein Wasseraustausch nachgewiesen werden (BELOCKY et al. 1992). Außerdem wurde bei den Untersuchungen 1992/93 eine jahreszeitlich stark unterschiedliche isotopische Zusammensetzung des Lackenwassers festgestellt, die im Wesentlichen dem Niederschlag entsprach. Dies steht im Einklang mit weiteren Ergebnissen, denen zufolge die durchschnittliche Verweilzeit des Lackenwassers weniger als ein Jahr beträgt. Das bedeutet, dass das Wasser in der Lacke 1992/93 (bei tiefem Grundwasserstand) in erster Linie aus Niederschlagswasser bestanden hat.

Untersuchungsbefund

Fasst man die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild vom Wasserhaushalt der Langen Lacke und der Wörtenlacken: Die zentralen, tiefstgelegenen Lackenteile sind weitgehend wasserundurchlässig. Sowohl in der Langen Lacke als auch in den Wörtenlacken gibt es aber vor-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

wiegend entlang deren Südränder wasserdurchlässige, sandige Lackenbodenbereiche, die selbst in den Mangeljahren zu Beginn der 1990er Jahre zumindest in den Wintermonaten tiefer als der Grundwasserspiegel lagen. Der mit Hilfe der Isotopenmethoden eindeutig nachgewiesene Wasseraustausch zwischen dem Lackenwasser und dem Grundwasser erfolgt sehr wahrscheinlich über diese ufernahen Sandstreifen. Es ist aber nicht bekannt, in welcher Größenordnung sich die dabei ausgetauschten Wassermengen bewegen. Die Mischungsverhältnisse zwischen Niederschlags- und Grundwasseranteil im Lackenwasser ließen sich mit aufwendigen Tritiumreihenuntersuchungen abschätzen. Derartige Untersuchungsreihen (BELOCKY et al. 1992, STEINER 1994) in den Trockenjahren 1992/93 zeigten, dass das Lackenwasser zum damaligen Zeitpunkt zum überwiegenden Teil aus dem aktuellen Niederschlagswasser bestand. Bei höherer Wasserführung wurden über die jahreszeitlichen Veränderungen der isotopischen Zusammensetzung des Lackenwassers aber noch keine Reihenuntersuchungen vorgenommen.

Letztendlich ist es unter den gegebenen geologischen Verhältnissen für den Wasserhaushalt der Lacke auch nicht so bedeutsam, ob und welche Wassermengen aus dem Grundwasser nachfließen. „Lebenswichtig" für die Lacke ist aber, dass ein hoher Grundwasserspiegel verhindert, dass die Lacke „ausläuft". Der Lackenwasserkörper wird sozusagen vom Grundwasser gestützt, d. h. solange der Grundwasserspiegel im oder über dem Bereich der Sandstreifen liegt, kann die Lacke nicht austrocknen. Sinkt der Grundwasserspiegel aber unter den Rand der zentralen „dichten Lackenwanne" (Abb. 35 auf der nächsten Seite), so ist die Lacke ausschließlich von den meteorologischen Faktoren Niederschlag und Verdunstung abhängig. Bei tiefem Grundwasserstand entfällt natürlich zusätzlich auch eine etwaige Dotation der Lacken durch die Verbindungskanäle.

Auslöser für die Trockenperioden der Langen Lacke und der Wörtenlacken war damit jeweils das Absinken des Grundwasserspiegels unter ein für die Lacken kritisches Niveau. Je früher im Jahr der Grundwasserspiegel unter die durchlässigen Randbereiche sinkt, desto wahrscheinlicher ist ein vollständiges Austrocknen der Lacke in den heißen, verdunstungsintensiven Sommermonaten. Langfristig betrachtet wies das Grundwasser im Lackengebiet zu Beginn der 1990er Jahre historische Tiefstände auf. Ursächlich müssen diese auf klimatische Entwicklungen zurückgeführt werden.

Da eine maßgebliche Grundwasserneubildung im Seewinkel nur in der kalten Jahreszeit (Oktober bis April) stattfinden kann (HAAS et al. 1992), zeigte die auffällige Häufung der unterdurchschnittlichen Winterniederschläge Ende der 1980er Jahre unmittelbare Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt. Verstärkt wurden diese noch durch ausgesprochen trockene und heiße (verdunstungsintensive) Sommerperioden. Im Jahr 1992 („Jahrhundertsommer") wurden beispielsweise in Wien (Hohe Warte) 26 Tage mit Temperaturen von mindestens 30 °C verzeichnet, in Halbturn war der August niederschlagsfrei(!) und lag mit einer Monatsmitteltemperatur von 25 °C um 4,9 °C über dem langjährigen Mittel. In der Folge kamen dann auch Rückkoppelungseffekte zum Tragen, insofern, als die tiefe Grundwasserspiegellage eine jahreszeitlich früher einsetzende und längerdauernde Bewässerungsperiode für die Landwirtschaft bedingte. Mit dem Einstau des Zweierkanals im Abstrombereich der Lange Lacke im Herbst 1993 wurde eine richtungweisende Maßnahme zur lokalen Anhebung des Grundwasserspiegels gesetzt, die bereits im darauf folgenden Jahr bei einer durchschnittlichen jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung positive Auswirkungen zeigte.

„Lackenmetamorphosen"

Die Ergebnisse der beschriebenen wissenschaftlichen Untersuchungen am Beispiel der Langen Lacke und der Wörtenlacken zeigen, dass der Wasserhaushalt einer Lacke im Laufe ihrer Entwicklung von wechselnden Faktoren bestimmt werden kann. Dabei spielt bei langfristiger Betrachtung der Grundwasserhaushalt des Gebietes, der klimatischen Einflüssen und Einflüssen des Menschen unterliegt, die wesentliche Rolle.

Bei der Langen Lacke und den beiden Wörtenlacken handelt es sich langfristig gesehen um „grundwasserdominierte Lacken" (Typ 3). Die ungewöhnliche

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die tiefstgelegenen Teile der Lackenböden, sowie die Nordränder der Lackenmulden sind überwiegend aus wasserundurchlässigen Schluffen und Tonen aufgebaut und bilden so eine dichte zentrale Lackenwanne. Entlang der Lackensüdränder gibt es hingegen schmale durchlässige (sandige) Lackenbodenbereiche (Steiner, 1994).
Über diese „Sandstreifen" kann bei mittleren und hohen Wasserständen ein Wasseraustausch zwischen den Lacken und dem darunterliegenden Grundwasserkörper erfolgen. Bei hohen Grundwasserständen kommt es durch den „Zweierkanal" und andere Dränagegräben zusätzlich auch zu oberirdischen Zu-(Z_O) bzw. Abflüssen (A_O) zur bzw. von den Lacken.

Sinkt der Grundwasserspiegel in den Übergangsbereich zwischen der dichten Lackenwanne und den wasserdurchlässigen „Sandstreifen" (grüner Kreis), wird die Situation für den Wasserhauhalt der Lacken „kritisch", da von diesem (Zeit-)Punkt an kein unterirdischer Zufluss (Z_U) zur Lacke mehr erfolgen kann. Mit dem Absinken des Grundwasserspiegels versiegen allmählich auch die oberirdischen Zu- und Abflüsse durch die Kanäle.
In der Folge (bei weiterem Absinken des Grundwasserspiegels) entwickeln sich die Lacken zu reinen Niederschlagslacken, deren Wasserführung nur mehr von den gerade herrschenden Witterungseinflüssen (Niederschlag und Verdunstung) abhängt.

Je später im Jahr sich der oben beschriebene „kritische Zustand" einstellt, desto höher sind daher die Wahrscheinlichkeiten, dass die einzelnen Lacken in den heißen, verdunstungsintensiven Sommermonaten nicht vollständig austrocknen.
Unterdurchschnittliche Niederschläge im Winter und im Frühjahr verbunden mit frühzeitig erforderlichen Grundwasserentnahmen für Bewässerungszwecke wirken sich äußerst negativ auf den Grundwasserhaushalt aus. Darin liegen aus heutiger Sicht auch die wesentlichsten Ursachen für die auffallenden sommerlich-frühherbstlichen Trockenperioden an der Langen Lacke und den Wörtenlacken zu Beginn der 1990er Jahre.

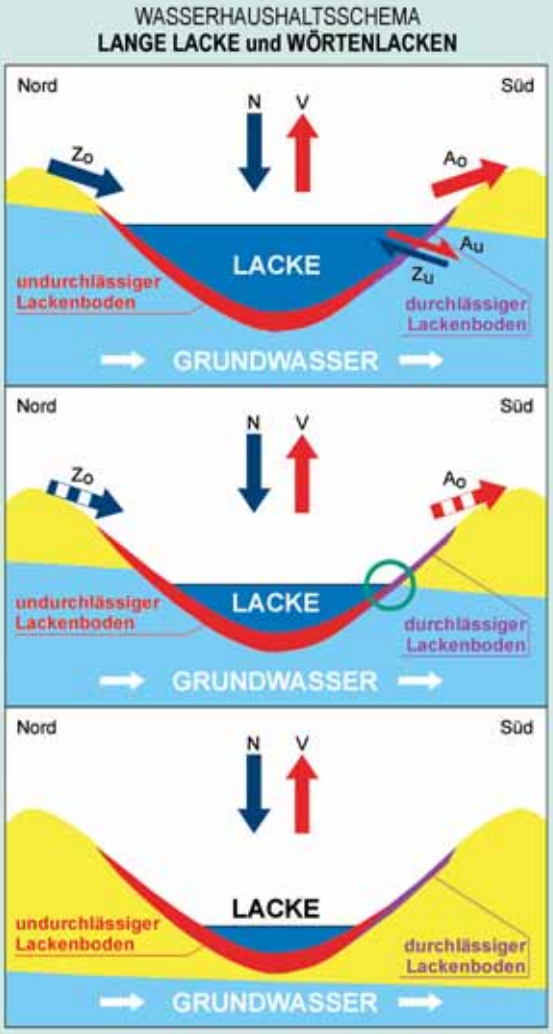


Abb. 35: Wasserhaushalt der Langen Lacke und der Wörtenlacken *(Grafik: K.-H. Steiner)*.

Serie mehrfacher Austrocknungen zu Beginn der 1990er Jahre hängt unmittelbar mit dem raschen Absinken des Grundwasserstandes zusammen. Dieses wird jedoch, im Gegensatz zu den von KRACHLER (1992) und STEINER (1994) gezogenen Schlussfolgerungen, nun nicht mehr auf „punktuell gesetzte anthropogene Eingriffe" in den Grundwasserhaushalt (z. B. durch Verbesserung der Dränagewirkung von Kanälen) zurückgeführt. Aufgrund der heute verbesserten Datenlage und der Kenntnis über die mehrjährige Entwicklung in der „Erholungsphase" nach den kritischen Jahren scheinen klimatische Ursachen (unterdurchschnittliche Niederschlagsentwicklungen) und Rückkoppelungseffekte (verstärkte Wasserentnahmen zu Bewässerungszwecken) die wahrscheinlichsten Ursachen für das Absinken des Grundwasserspiegels gewesen zu sein. Die Lacken wurden daher für etwa 5 Jahre zu „intermittierenden Grundwasserlacken" (Typ 2), in den Sommermonaten dieser Periode sogar zu „reinen Niederschlagslacken" (Subtyp 1b). Nach 1995/96 waren die Lacken wieder eindeutig „grundwasserdominiert".

Eine Übertragung dieser Erkenntnisse auf andere Lacken des Seewinkels, speziell auf die von ihrer Entwicklungsgeschichte her anders zu interpretierenden „Ostuferlacken" entlang des Neusiedler Sees, wäre ohne detaillierte Bodenaufnahmen, Vermessungen und Grundwasserspiegelbeobachtungen unseriös und unzulässig.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5.2 Der Chemismus der Salzgewässer

von Michael Schagerl & Georg Wolfram

5.2.1 Einleitung

Salze weisen ein aus geladenen Teilchen (Ionen) bestehendes Kristallgitter auf, das in wässriger Lösung vollständig zerfällt. Die nach Dissoziation frei beweglichen Teilchen werden in positiv geladene Ionen (Kationen) und negativ geladene Ionen (Anionen) unterteilt. Während reinstes Wasser Strom nur äußerst schlecht leitet, steigt die Leitfähigkeit bei der Auflösung von Elektrolyten (Salzen, Säuren, Basen) stark an. In der Wasseranalytik wird die **elektrische Leitfähigkeit** – die Einheit ist µS cm^{-1} – daher als unspezifisches Maß für den Ionengehalt herangezogen. Eine weitere Summenbestimmung zur Ermittlung gelöster Substanzen im Wasser stellt der **Abdampfrückstand** dar. In dieser Analyse wird die filtrierte Wasserprobe eingedampft und der Rückstand gewogen. Als Einheit hat sich bei höheren Salzgehalten [g l^{-1}] bewährt. Da ein Liter Wasser eine Masse von einem kg aufweist, kann statt [g kg^{-1}] auch Promille [‰] angegeben werden. Die Promilleangabe ist vor allem in der Marinbiologie zur Darstellung des Salzgehaltes durchaus gebräuchlich. Löst man beispielsweise einen gehäuften Teelöffel Kochsalz (NaCl, 5 g) in einem Liter Wasser auf, so hat das Wasser einen Salzgehalt von 5‰, wobei bereits Wasser mit einem Salzgehalt von 3‰ für die meisten Menschen einen „salzigen Geschmack" aufweist.

Die Grenze zwischen Süßwasser und Salzwasser wird meist zwischen 0,5 und 3‰ (= subsalin) angesetzt. Echte Salzgewässer (> 3‰, das entspricht im Seewinkel etwa einer Leitfähigkeit von 3.000 bis 4.000 µS cm^{-1}) lassen sich nach HAMMER (1986) wie folgt klassifizieren (vgl. Abb. 14):

- hyposalin (schwach salzhältig): 3-20‰
- mesosalin (mäßig salzhältig): 20-50‰
- hypersalin (stark salzhältig): > 50‰.

Zum Vergleich – die Konzentration von Meerwasser liegt zwischen 33 und 37‰.

Die meisten aquatischen Organismen sind auf Süßwasserlebensräume beschränkt und tolerieren nur geringe Salzgehalte. Man bezeichnet sie als oligostenohalin (von griechisch *oligos* = gering, *stenos* = eng, *hala* = Salz), d. h. eng auf einen geringen Salzgehalt angewiesen. Es gibt aber eine Reihe von Arten, die das Süßwasser ebenso wie Salzgewässer unterschiedlicher Salzkonzentration besiedeln. Aufgrund ihrer breiten und unspezifischen Anpassung werden sie als salztolerant oder euryhalin (von griechisch *eurys* = breit) bezeichnet. Salzliebend oder halophil (von griechisch *philos* = lieb) sind Organismen, die bevorzugt in Gewässern mit einem Salzgehalt > 3‰ auftreten, aber auch noch (in geringeren Dichten) im Süßwasser anzutreffen sind. Schließlich gibt es Arten, die ausschließlich in Salzgewässern leben: die Halobionten (von griechisch *bios* = Leben) (Abb. 36, vgl. dazu Kap. 3).

5.2.2 Seewinkel

Chemische Zusammensetzung der Salzlacken

Während für den Salzgehalt im Meerwasser hauptsächlich Natrium und Chlorid verantwortlich sind, tragen zum Ionengehalt der Salzlacken im Seewinkel als Kation maßgeblich Natrium und als Anionen Karbonate bzw. Sulfat bei (Abb. 36 auf der nächsten Seite). Im Gegensatz zum Süßwasser treten in den Lacken Magnesium und besonders Kalzium zugunsten von Natrium stark in den Hintergrund. Die Ursache liegt u. a. in der besseren Löslichkeit der Natriumsalze gegenüber Magnesium- und insbesondere Kalziumsalzen, welche ausfallen, tonige Partikel bilden und somit auch zur Trübung dieser Gewässer beitragen. Besonders hohe Natriumgehalte (fast 5 g l^{-1} Na^+) wurden im Seewinkel im Juli 1988 in der nördlichen Martinhoflacke gefunden (ZOUFAL et al. 1989). Typische Chloridgewässer, mit Chlorid als vorherrschendem Anion, findet man in Österreich nicht.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

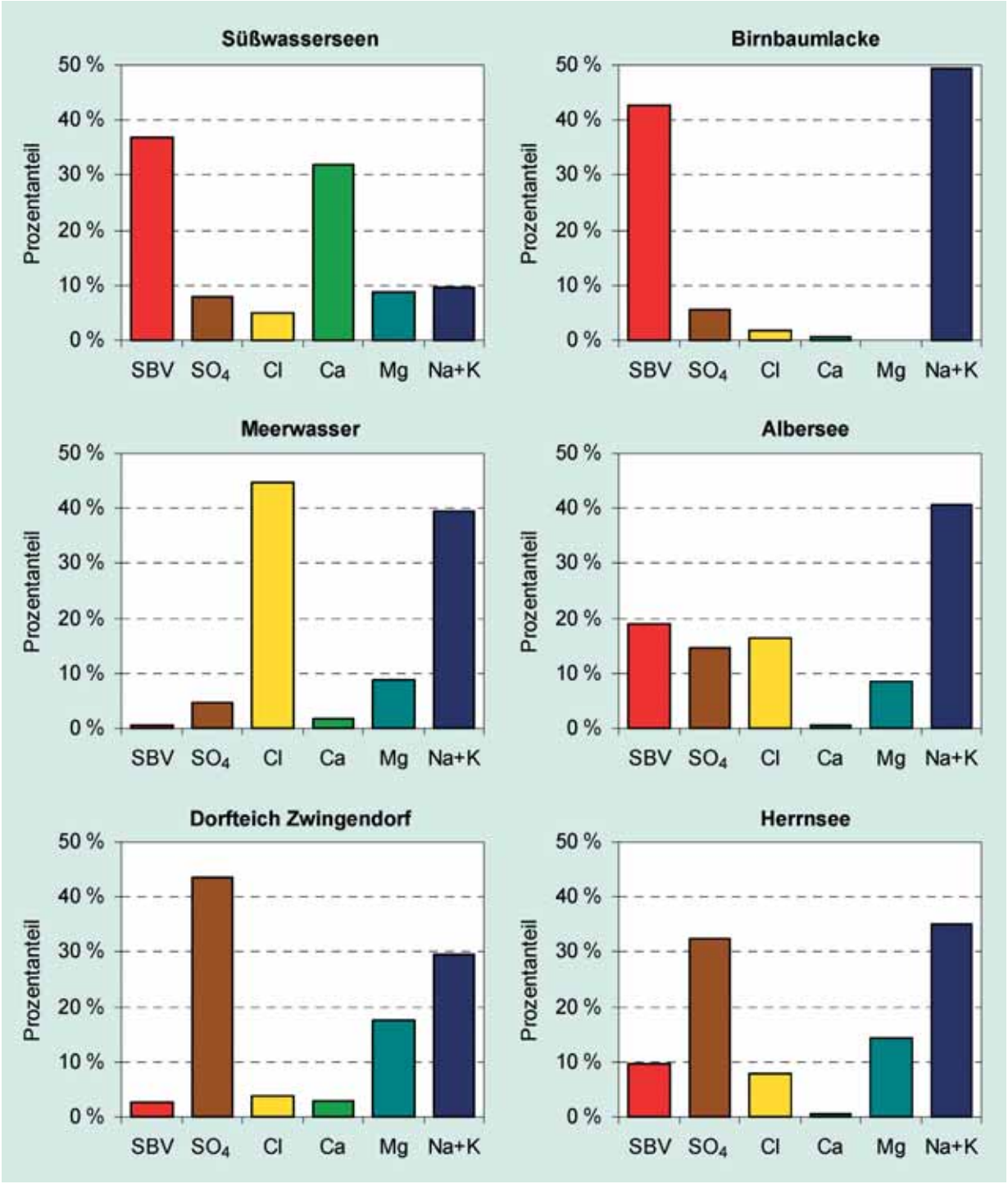


Abb. 36: Relative Anteile [in Milli-Äquivalenten] der wichtigsten Ionen im Süßwasser, im Meer, in drei ausgewählten Salzlacken des Seewinkels sowie im Dorfteich Zwingendorf. Während im Süßwasser Kalzium (Ca) und Hydrogenkarbonat (entspricht weitgehend dem Säurebindungsvermögen SBV) dominieren, ist Kochsalz (NaCl) das häufigste Salz im Meer. In den meisten Salzlacken des Seewinkels wie der Birnbaumlacke herrscht Soda (Na_2CO_3) vor. Einige Lacken wie der Albersee und der Herrnsee zeichnen sich auch durch höhere Anteile von Chlorid und Sulfat aus. Letzteres bildet gemeinsam mit Magnesium das Glaubersalz *(Grafik: G. Wolfram)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Natriumkarbonat wird auch als **Soda** bezeichnet und findet unter anderem in der Glaserzeugung, Papier- und Waschmittelindustrie Verwendung. Bis Ende des 18. Jahrhundert wurde der Bedarf an Soda aus den Aschen von Seepflanzen gewonnen, danach wurde auf industrielle Gewinnung umgestellt. Durch Austrocknen von sog. Sodaseen können sich große Sodalager bilden, die kristallisierten Salze (Na_2CO_3 . $NaHCO_3$. 2 H_2O) werden in der Literatur auch als „Trona" bezeichnet.

Neben Natriumkarbonat ist in den Lacken auch Natriumsulfat in größeren Mengen anzutreffen (Na_2SO_4 . 10 H_2O), das als **Glaubersalz** bekannt ist. Es hat eine abführende Wirkung und wird beispielsweise in der Glas- und Papierfabrikation eingesetzt.

Einige südwestliche Lacken des Seewinkels (z. B. Albersee und Herrnsee) sind durch höhere Gehalte an Magnesium gekennzeichnet (Abb. 36). Beim Austrocknen der Lacken fällt Magnesiumsulfat aus ($MgSO_4$. 7 H_2O), das besser unter dem Namen **Bittersalz** bekannt ist. Bittersalz wird als Flammschutzmittel eingesetzt, die schwach abführenden Eigenschaften macht sich die Medizin zunutze.

Die hohe Alkalinität (hoher Gehalt an Karbonaten und Bikarbonaten) ist für **pH-Werte** um bis zu 10 verantwortlich. Der Laugencharakter wird spürbar, wenn man sich die mit Lackenwasser benetzten Hände reibt, wobei ein seifiges Gefühl entsteht. Im Sommer 1998 wurde als Spitzenwert in der fast ausgetrockneten Ochsenbrunnlacke eine Alkalinität um 1.000 mval l^{-1} nachgewiesen. Derartige Extreme sind nur in sehr heißen, trockenen Sommern zu beobachten, zumeist betragen die Alkalinitäten in den Salzlacken unter 100 mval l^{-1}.

Wie eingangs erläutert, stellt die elektrische Leitfähigkeit ein unspezifisches Maß für die Menge der gelösten Salze und die Gesamtionenkonzentration dar (Abb. 37). Während beispielsweise Leitungswasser in Wien um 250 µS cm^{-1} aufweist, wurden im Seewinkelgebiet Werte bis 72.000 µS cm^{-1} gemessen. Diese Maxima gelten allerdings nur für Lacken kurz vor dem Eintrocknen. Abbildung 38 (auf der nächsten Seite) zeigt mittlere Ionengehalte ausgewählter Lacken, die in der zweiten Hälfte der 1990er

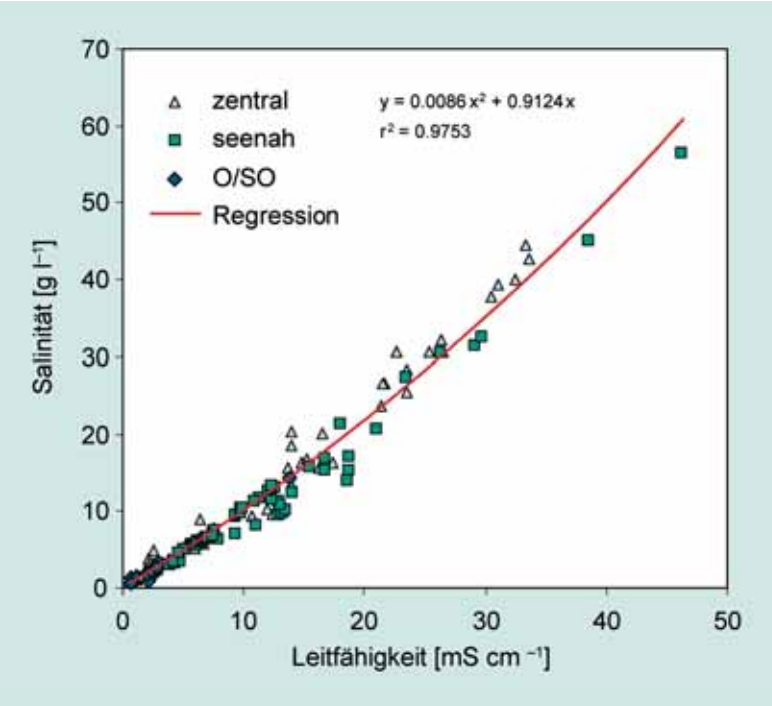


Abb. 37: Beziehung zwischen der Leitfähigkeit [in mS cm^{-1}] und der Salinität [g l^{-1}] in den Salzlacken des Seewinkels. Die drei Symbole kennzeichnen die zentral, seenah oder im Osten/Südosten des Seewinkels gelegenen Lacken. Die Formel gibt die Regression zwischen den beiden Parametern an, das Bestimmtheitsmaß r^2 zeigt den Anteil der Varianz in den Daten an, die durch die Regression erklärt wird *(Grafik: G. Wolfram)*.

untersucht wurden (WOLFRAM et al. 2004). Die Gegenüberstellung der Ionengehalte aus zwei unterschiedlich feuchten Jahren zeigt den Einfluss des Niederschlags auf den Chemismus der Lacken. Generell sind hohe Salzkonzentrationen in den zentral gelegenen sowie den seewärts gelegenen Lacken zu finden, während sich im Süden und Osten Lacken befinden, die niedrigere Mengen an Mineralsalzen aufweisen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

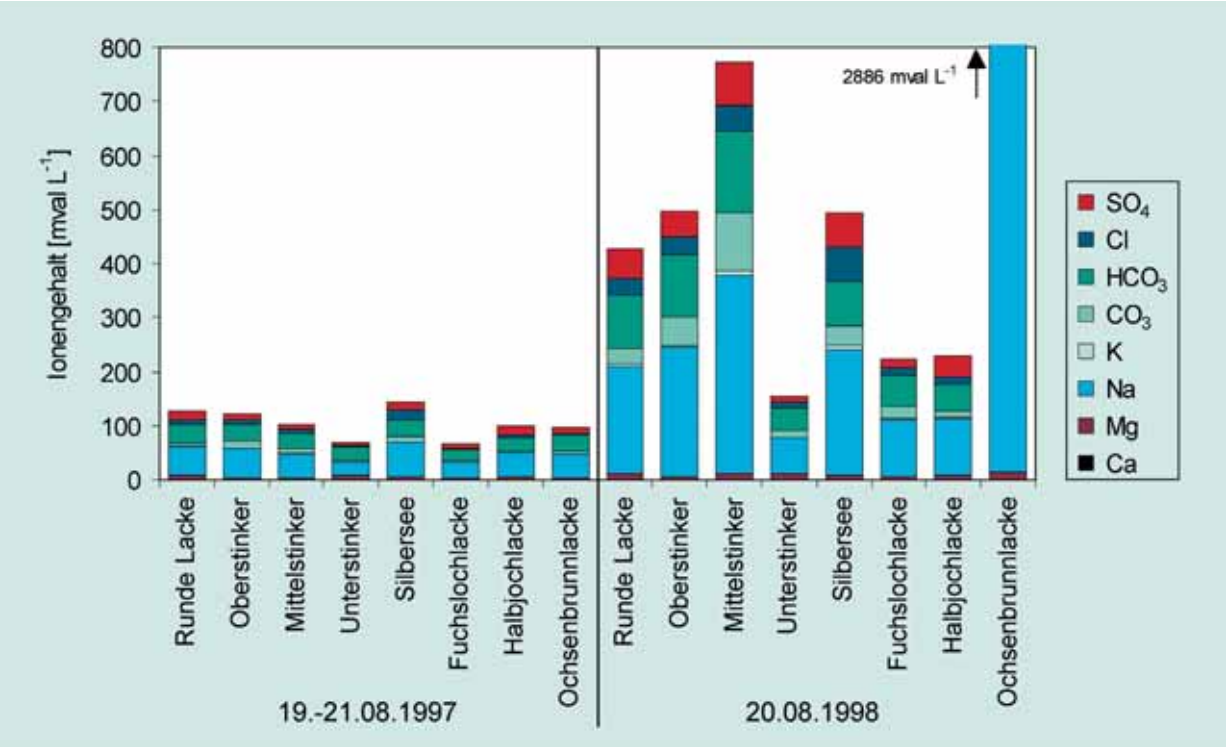


Abb. 38: Ionengehalte ausgesuchter Seewinkellacken im Hochsommer eines niederschlagsreichen (1997, links) und niederschlagsarmen Jahres (1998, rechts). Das mengenmäßig wichtigste Kation stellt Natrium (Na^+) dar, unter den Anionen dominiert Hydrogenkarbonat (HCO^{3-}). In den seenahen Lacken (Runde Lacke, Stinkerseen, Silbersee) ist der Anteil von Chlorid (Cl^-) und Sulfat (SO_4^{2-}) etwas höher als in den zentralen Lacken (Fuchsloch-, Halbjoch- und Ochsenbrunnlacke). Bei hohen pH-Werten (im Sommer 1998) verschiebt sich das Kohlensäure-Gleichgewicht von Hydrogenkarbonat Richtung Karbonat (CO_3^{2-}). Kalzium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}) und Kalium (K^+) spielen eine untergeordnete Rolle. Die extrem hohen Natrium-Werte in der Ochsenbrunnlacke im August 1998 wurden aus den hochkonzentrierten Wasserpfützen gemessen, die sich in Fußspuren gesammelt hatten. Ein Gesamtsalzgehalt von 500 mval l^{-1} entspricht rund 15 ‰ oder 15.000 µS cm^{-1} *(Grafik: G. Wolfram).*

Nährstoffe

Pflanzen benötigen für ihren Aufbau verschiedene Elemente, darunter auch **Stickstoff** und **Phosphor**. Besonders in Gewässern können diese beiden Elemente in nur geringen Mengen vorhanden und dadurch wachstumsbegrenzend sein. Während in sehr sauberen Seen häufig Phosphor limitierender Nährstoff ist, kann in belasteten Gewässern auch Stickstoff zum Minimumfaktor werden. So führte die Verwendung phosphathältiger Waschmittel bis in die 1980er Jahre zu bedeutenden Phosphoreinträgen, was sich dann in vielen Seen durch Algenblüten bemerkbar machte.

Als anorganische Stickstoffquellen kommen für Pflanzen Nitrat, Nitrit und Ammonium in Frage. Diese Nährstoffe können nur in geringen Mengen in den Lacken nachgewiesen werden. Wahrscheinlich führt die mikrobielle Umwandlung des Nitrats über Nitrit zu elementarem Stickstoff (Denitrifikation), der dann in die Atmosphäre entweicht, zu einem bedeutenden Verlust aus diesen Ökosystemen. Auch in anderen Flachseen fand man, dass weit über 50 % des eingetragenen Stickstoffs über diesen Mechanismus dem System verloren geht (SCHWOERBEL 1993). Auffällig sind in den Seewinkel-Lacken die hohen Konzentrationen an organischen gelösten Stickstoffverbindungen. Dies kann als Hinweis auf gelöste Huminsubstanzen gedeutet werden, die bei Abbauvorgängen von Pflanzenmaterial entstehen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Im Gegensatz zu vielen Gewässern unserer Breiten ist Phosphor in den Lacken des Seewinkels für Pflanzen kein wachstumslimitierender Faktor. Das für Pflanzen akkumulierbare Orthophosphat (PO_4-P) ist fast immer nachweisbar und beträgt im Mittel rund 870 µg l^{-1} (WOLFRAM et al. 2004). Die enormen Mengen an Orthophosphat dürften mit der hohen Trübe in engem Zusammenhang stehen, da Phosphate kolloidal an Sedimentpartikel gebunden werden.

Schwarze und weiße Lacken

Die häufigen Windereignisse im flachen Seewinkel führen zu einer ständigen Durchmischung der Wasserkörper und bedingen dadurch in vielen Lacken eine andauernde Trübung des Lackenwassers. LÖFFLER (1957) unterscheidet in seiner umfassenden Untersuchung „weiße Lacken" und „schwarze Lacken", deren Färbung er auf die Sedimentbeschaffenheit zurückführt. Während „weiße Lacken" auf den tonigen Zickböden zu finden sind und hohe mineralische Trübe aufweisen, erscheinen „schwarze Lacken", die in sandigen oder schotterigen Bereichen liegen, klarer. Die gelösten Huminstoffe werden hier kaum von den weißlichen Tonpartikeln maskiert und treten dadurch stärker in den Vordergrund. Neuere Beobachtungen haben gezeigt, dass der Lackencharakter jedoch innerhalb einer Vegetationsperiode mehrmals wechseln kann. So fungieren untergetauchte Wasserpflanzen, die in vielen Lacken flächendeckend vorkommen, als Sedimentfallen und stabilisieren außerdem die Gewässersohle (WOLFRAM et al. 1999). PESCHEK (1961) konnte zeigen, dass die anorganische Trübe nur sehr langsam sedimentiert. Bei diesen Untersuchungen begannen ungestörte Wasserproben im Labor erst nach vier Wochen etwas aufzuklaren.

Die hohen Mengen an Huminstoffen sind vor allem auf die großen Mengen von absterbenden Pflanzen im Herbst (Schilf und andere Wasserpflanzen) zurückzuführen, bei deren Zersetzung diese schwer abbaubaren Substanzen freigesetzt werden. In Winter kann durch die intensiven Abbauvorgänge manchmal unter Eis das Auftreten von „Stinkerwasser" beobachtet werden, eine durch ausgeschiedenen Schwefel intensiv gelb gefärbte Flüssigkeit, die außerdem große Mengen an Schwefelwasserstoff enthält (KNIE 1959).

5.2.3 Neusiedler See

Durch die starken Pegelschwankungen zeigte auch der Neusiedler See in der Vergangenheit immer wieder erhöhte Salzgehalte. Das Seebecken des Neusiedler Sees entstand durch Einsenkungen vor rund 13.000 Jahren. In der Vergangenheit prägten starke Wasserstandsschwankungen den Charakter dieses Steppensees. Die Seemorphologie (mittlere Tiefe rund 1,10 m) und vergleichsweise unbedeutende oberflächige Zubringer führen dazu, dass das pannonische Klima großen Einfluss auf die Hydrologie ausübt. Nach HERZIG & DOKULIL (2001) hängt der Wasserhaushalt des Sees zu 80-90 % von Niederschlägen bzw. der Verdunstung ab. In der Vergangenheit trocknete der See mehrmals aus, zuletzt zwischen 1862 und 1865. Die Hälfte des rund 320 km^2 großen Seebereiches wird von einem Schilfgürtel bedeckt, der durch Transpiration ebenfalls stark in den Wasserhaushalt eingreift. Die Ionenzusammensetzung weist den See zurzeit als leichten Sodasee aus, der Salzgehalt ist stark vom Pegelstand abhängig und beträgt gegenwärtig 1-2 g l^{-1} (elektrische Leitfähigkeit 1.150-2.800 µS cm^{-1}; HERZIG & DOKULIL 2001). Im Jahr 1930, als der See einen deutlich niedrigeren Wasserstand hatte, wurden noch um 16 ‰ verzeichnet.

Der Schilfgürtel nimmt eine prägende und strukturierende Rolle für den See ein. Während im Freiwasserraum große Trübstoffmengen anzutreffen sind, klart im Schilfbereich der Wasserkörper auf und lässt aufgrund eines hohen Huminstoffanteils – wie in den Salzlacken (s. o.) – die braune Wasserfärbung zu Tage treten. Die Mengen an organischen gelösten Substanzen und die strömungsberuhigte Zone des Schilfgürtels prägen nachdrücklich die Organismengemeinschaft.

Die erhöhten Nährstoffeinträge durch die Ausweitung des Weinbaus und intensivierter Tourismus führten in den 1970er und 1980er Jahren zu Algenblüten. Dieses Problem konnte mittlerweile durch eine erfolgreiche Abwasserentsorgung in den Griff gebracht werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5.2.4 Zwingendorf

Im Pulkautal zwischen Obritz und Wulzeshofen gibt es einige kleinräumige Salzstandorte, in denen sich auch mehrere kleinere Tümpel befinden. Unterhalb der von der Pulkau angeschwemmten Sande sind jungtertiäre (ca. 10 Millionen Jahre alte) Molassesedimente zu finden, aus denen die Salze mit dem Grundwassser an die Oberfläche treten (HÜTTERER 1990). Die Böden enthalten Glaubersalz (Na_2SO_4) und Bittersalz ($MgSO_4$) und beeinflussen damit maßgeblich den Ionenhaushalt der Kleingewässer. Neben dem Feuchtbereich hinter der Zwingendorfer Kirche (Naturschutzgebiet mit Tümpeln – Leitfähigkeit zwischen 5.000 und 12.000 µS cm^{-1}, eigene Messungen im April 2000) und einem neu angelegten Teich auf den Saliterwiesen (2.000 µS cm^{-1}) sind auch einige von der Jägerschaft neu angelegte Tümpel in der Umgebung hervorzuheben, die Leitfähigkeiten um 10.000 µS cm^{-1} aufweisen und eine charakteristische Lebensgemeinschaft zeigen.

5.2.5 Baumgarten an der March

Im Frühjahr 2000 besuchten die Autoren die Salzsteppe bei Baumgarten an der March. Durch die Hochwasserereignisse waren weite Bereiche überschwemmt, sodass keine erhöhten Salzgehalte festgestellt werden konnten. Auf einem Großteil des Salzstandortes waren deutlich Spuren von Beweidung zu sehen, die zu einer starken Eutrophierung führte. Bei einer weiteren Beprobung im Sommer 2000 waren die wassergefüllten Mulden bereits trockengefallen. Salzgewässer wie im Seewinkel oder – kleinräumiger – im nördlichen Weinviertel scheint es also bei Baumgarten an der March nicht zu geben.

5.2.6 Ziegelteiche im Süden von Wien

Die Ziegelteiche im südlichen Wien und im angrenzenden Niederösterreich sind Relikte der Ziegelindustrie, die sich Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt hatte. Da zumeist kein oberirdischer Zu- und Abfluss existiert, wird der Wasserchemismus maßgeblich vom Untergrund bestimmt, der in diesem Gebiet einen hohen Salzgehalt aufweist (jungtertiäre Brackwasserablagerungen, Inzersdorfer Tegel).

Gegenüber den Salzlacken des Seewinkels weisen die Ziegelteiche eine die Karbonathärte weit überragende Gesamthärte auf, d. h. Kalzium und Magnesium spielen als Kationen eine bedeutende Rolle (GÄTZ 1993). Die Leitfähigkeiten der Ziegelteiche liegen zumeist zwischen 1.000 und 2.000 µS cm^{-1}, in einigen der Grundwasserseen konnten auch Werte über 4.000 µS cm^{-1} gefunden werden (K. Donabaum, unpubl.). Dennoch sind sie – wie der Neusiedler See – nicht als Salzgewässer im engeren Sinne zu bezeichnen (vgl. Kap. 5.2.1). Das Vorkommen einiger salzzeigender Organismen unter den planktischen Algen (GÄTZ & SCHAGERL 1990) spiegelt jedoch den besonderen Chemismus wider.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

6 Die Lebensgemeinschaften der Salzlacken

6.1 Salzgewässer – unerwartete Vielfalt an Lebensräumen

von Georg Wolfram

Zahlreiche Touristen besuchen alljährlich den burgenländischen Seewinkel, um die Salzlacken und ihre einzigartige Flora und Fauna kennen zu lernen. Der Schwerpunkt des Interesses liegt dabei meist auf den Wasservögeln; die Gewässer selbst werden oft als eintönig und uninteressant empfunden – sieht man doch aufgrund der hohen Trübe oft nicht einmal bis zum Gewässergrund. Damit wird man diesen besonderen Ökosystemen jedoch nicht gerecht. Es lohnt ein Blick unter die Wasseroberfläche, um die verborgenen Lebensgemeinschaften zu entdecken. Dabei lassen sich drei Teillebensräume unterscheiden.

1. Das Freiwasser (Pelagial) – der Lebensraum der planktischen Pflanzen- und Tierwelt. Unter Plankton versteht man die im Wasser schwebenden Organismen, deren Eigenbewegung nicht ausreicht, um gegen Wellen und Wasserströmungen anzukämpfen. Planktische Organismen müssen ständig der Schwerkraft entgegenwirken, wollen sie nicht auf den Gewässergrund absinken. Wir finden im Plankton daher meist kleine Formen, oft mit Härchen oder langen Fortsätzen ausgestattet, die das Schweben im Wasser erleichtern. Planktische Tiere sind oft gute Schwimmer oder besitzen Fetteinlagerungen zur Verringerung des spezifischen Gewichts.

   Neben dem Plankton beherbergt das Freiwasser auch größere Formen, die nicht im dem Maß wie das Plankton den Wasserströmungen ausgeliefert sind: das Nekton. Dazu zählen in erster Linie Fische, die jedoch nur in sehr wenigen Salzlacken zu finden sind. Unter den Gliedertieren kann man manche Urzeitkrebse und größere Wasserwanzen dieser Gruppe zurechnen.

2. Der Gewässerboden (Benthal) – er wird von substratgebundenen (benthischen) Organismen besiedelt. Nur wenige Arten dieses Lebensraumes können sich über größere Strecken schwimmend fortbewegen. Neben einer Reihe von Algen gibt es eine Vielfalt an Tieren, die zur Schlammlebewelt zu zählen sind. Sie leben entweder an der Oberfläche des Sediments oder grabend bis in mehrere Zentimeter Tiefe. Zahlreiche Arten bauen auch Wohnröhren, in die sie sich zum Schutz vor Räubern zurückziehen. Diese reichen mitunter 30-40 cm tief in den Schlamm. Neben kleinsten Organismen wie Einzellern oder verschiedenen „Würmern" findet man unter den benthischen Tieren zahlreiche Kleinkrebse und Insekten.

3. Der Lebensraum der Sumpf- und Höheren Wasserpflanzen (Phytal). Das Phytal stellt einen überaus komplexen Lebensraum dar. Er umfasst neben den Wasserpflanzen eine Vielfalt von mikroskopisch kleinen Algen und Tieren, die als „Aufwuchs" auf der Oberfläche der Pflanzen leben. Sie überziehen die Halme und Blätter oft in einem dichten Belag, in dem Trübepartikel aus der Wassersäule hängen bleiben und der anderen Organismen, z. B. röhrenbauenden Insekten, als Lebensraum dient. Manche Wasserpflanzen bilden ein dichtes, dreidimensionales Geflecht, das infolge des großen Strukturreichtums eine große Artenvielfalt an Kleinlebewesen beherbergt.

So einleuchtend und übersichtlich diese Einteilung ist – in der Praxis stößt man damit oft auf Schwierigkeiten. Gerade in den Salzlacken ist die Grenze zwischen Benthal und Plankton mitunter sehr verschwommen. Der Grund liegt naheliegenderweise in der geringen Wassertiefe der meisten Gewässer. Bereits leichte Winde können das Sediment aufwir-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

beln und so primär benthische Formen von der Sedimentoberfläche in den Freiwasserraum „hochreißen". Dies betrifft vor allem kleine Organismen, die sich nicht im Sediment vergraben oder an kleineren Steinen festklammern können, z. B. manche benthische Kleinkrebse und vor allem epipelische (auf der Schlammoberfläche lebende) Algen.

6.2 Die Pflanzenwelt der Salzgewässer

von Michael Schagerl

6.2.1 Mikro- und Makrophyten in den Lacken des Seewinkels

In Gewässern wird zwischen Mikrophyten (mit freiem Auge nicht sichtbare Pflanzen) und Makrophyten (bereits mit freiem Auge sichtbare und bestimmbare Pflanzen) unterschieden. Mikrophytengesellschaften bestehen im Wesentlichen aus Algen, zu den Makrophyten werden neben den Gefäßpflanzen auch Wassermoose und Armleuchteralgen gezählt.

Die Flora der Seewinkel-Lacken wird durch ihren besonderen Chemismus (vgl. Kap. 5.2) maßgeblich beeinflusst. Zudem bewirken ständige Turbulenzen, die hohe Scherkräfte erzeugen und zu starken Trübungen und Sedimentumlagerungen führen, eine weitere Selektion der Pflanzen. Neben der Bodenbeschaffenheit spielen im Trübeverhalten der Lacken auch die Makrophyten eine entscheidende Rolle. Dichte Bestände von Armleuchteralgen und auch Laichkrautarten stabilisieren die Gewässersohle und tragen so zu einer Verminderung der anorganischen Trübe bei (WOLFRAM et al. 1999). In diesen Bereichen ist häufig eine reichhaltige Algenflora zu beobachten, wobei die Makrophyten auch selbst als Substrat dienen („Aufwuchs").

Als Besonderheiten der Seewinkellacken können unter den **Höheren Wasserpflanzen** das Plattensee-Laichkraut *Potamogeton pectinatus balatonicus* und die Armleuchteralge *Chara canescens* angeführt werden. *C. canescens* ist ein Spezialist für Salzwasser (KRAUSE 1997) und kommt beispielsweise in Schweden ausschließlich in Brackwässern entlang der Küste vor (BLINDOW 2000). Im Seewinkel wurde die Art in besonders dichten Beständen im Unterstinkersee gefunden (SCHAGERL & RIEDLER 2006). *Potamogeton pectinatus balatonicus* gilt als ausgesprochen tolerant gegenüber erhöhten Salzgehalten und besiedelt unter anderem mexikanische Salzseen mit Leitfähigkeiten bis zu 10.000 µS cm^{-1} (ALCOCER & HAMMER 1998). Nach HAMMER (1986) besiedelt die Art sogar hypersaline Gewässer mit über 50 ‰ (vgl. Tab. 1 in Kap. 4.2.3).

In Zonen, die frei von höherer Vegetation sind, findet man zumeist eine nur spärlich entwickelte Mikrophytengemeinschaft. Einerseits beeinflusst die hohe anorganische Trübe das Lichtklima negativ (Lichtlimitation), andererseits werden unbewegliche Formen durch Sedimentumlagerungen sehr rasch bedeckt. Diese Bedingungen begünstigen robuste, bewegliche Formen wie raphentragende Kieselalgen (Raphe = Bewegungsorganell der Kieselalgen).

An den Lackenrändern sind häufig dichte Schilfbestände vorhanden, die windstille Bereiche schaffen und damit Sedimentaufwirbelungen unterbinden. Absterbende Schilfhalme sind auch für den hohen Huminstoffgehalt der Lacken verantwortlich, der wiederum Organismen begünstigt, die auf gelöste organische Verbindungen angewiesen sind (etwa Arten aus der Gruppe der Euglenophyta, s. u.).

Besonderes Augenmerk verdienen auch die Algenwatten, die sich in einigen Lacken ab dem späten Frühjahr entwickeln und schließlich große Flächen einnehmen können. In den Sommermonaten bleichen die Watten aus und trocknen ein, sie weisen dann eine sehr dicht verfilzte, papierartige Struktur auf. Die eingetrockneten Matten bilden eine Barriere, unter der sich noch längere Zeit etwas Feuchtigkeit hält und somit Tieren und Pflanzen Schutz bietet.

Die Sodalacken des Seewinkels beherbergen vor allem unter den Blau- und Kieselalgen eine Fülle von

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

floristischen Raritäten, auf die in der vorliegenden Zusammenschau nur teilweise eingegangen werden kann. Bei einigen vorgestellten Besonderheiten handelt es sich um Endemiten, d. h. sie wurden weltweit bisher ausschließlich im Gebiet um den Neusiedler See beobachtet. Die Unterteilung der Algenklassen folgt LEE (1999), der neben VAN DEN HOEK et al. (1995) eine sehr gute Einführung in die Großsystematik der Algen darstellt.

6.2.2 Blaualgen (Cyanoprokaryota)

„Blaualgen" sind den Bakterien zugehörig, werden aber dennoch von Phykologen („Algenforschern") mitbearbeitet. Die Gründe liegen u. a. darin, dass Cyanoprokaryoten bei der Photosynthese Sauerstoff freisetzen und diese Gruppe in Gewässern sehr formenreich vertreten ist. Der Name ist auf eingelagerte Farbstoffe (akzessorische Pigmente) zurückzuführen, welche die Gruppe oft blaugrün oder spangrün erscheinen lassen. Blaualgen sind eher als homoiosmotisch einzustufen (WETZEL 2001), d. h. der osmotische Druck der Körperflüssigkeiten bleibt unabhängig vom umgebenden Medium gleich (vgl. Kap. 4). Da in dieser Organismengruppe Zentralvakuolen ebenso wie kontraktile Vakuolen, die zur Osmoregulation nötig sind, fehlen, entsteht eine geringe Toleranz gegenüber Konzentrationsänderungen. Bei den Cyanobakterien dürfte dieser Nachteil jedoch durch eine rasche genetische Adaptation an geänderte Umweltbedingungen ausgeglichen werden (HUTCHINSON 1967, WETZEL 2001).

HÖFLER & FETZMANN (1959) betrieben im Seewinkelgebiet algensoziologische Studien, aus denen zwei charakteristische „Algenvereine" hervorgingen. In trüben, stark alkalischen Lacken mit hohen Natriumkonzentrationen ist häufig der *Lyngbya martensiana-Oscillatoria brevis*-Verein anzutreffen, welcher neben diesen beiden Arten zumeist auch noch *Oscillatoria animalis, Spirulina major* und *Euglena adhaerens* beinhaltet. *Spirulina major* und *Oscillatoria brevis* können zumindest als halophil bezeichnet werden, sie sind auch im Salzwasser zu finden (GEITLER 1932). Die zweite von HÖFLER & FETZMANN (1959) als *Botryococcus braunii-Gomphosphaeria aponina*-Verein beschriebene Assoziation mit zahlreichen Begleitformen wurde in der Szerdahelyer Lacke dokumentiert. Diese – heute leider nicht mehr existierende – Salzlacke zeichnete sich gegenüber den typischen Natronlacken durch höhere Kalzium- und Magnesiummengen mit etwas geringeren pH-Werten aus. Zudem verursachten gelöste Huminstoffe eine tiefbraune Färbung.

Als weitere Besonderheit aus dem Stamm der Blaualgen darf das Auftreten von *Nodularia spumigena* in sodareichen Lacken wie den Stinkerseen oder der Großen Neubruchlacke gewertet werden. Dieser für Brackwasser charakteristische Organismus synthetisiert das starke Lebergift Nodularin (DOW & SWOBODA 2000).

Aus dem Neusiedler See selbst wurde von GEITLER (1970) *Chamaesiphon subaequale* beschrieben. KOMAREK & ANAGNOSTIDIS (1999) ordneten diese Art aufgrund morphologischer Details in *Geitleribactron subaequale* ein. Bisher wurde die Art ausschließlich in Österreich gefunden. Ebenfalls aus dem Neusiedler See bekannt und erstbeschrieben ist *Spirulina raphidioides* (GEITLER 1959). Leider existiert von dieser Gruppe keine neue Zusammenstellung, sodass aktuelle Erkenntnisse nicht zugänglich sind.

6.2.3 Kieselalgen

Kieselalgen (Diatomeen, Bacillariophyceae) stellen die wahrscheinlich umfangreichste Algenklasse dar. Schätzungen gehen von einer weltweiten Artenzahl zwischen 10.000 und 10 Millionen aus (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1998), VAN DEN HOEK et al. (1995) geben rund 100.000 Arten an. Mit ein Grund für diese hohe Artenzahl mag die Taxonomie sein, die sich strikt an der Schalenmorphologie orientiert. Kieselalgen weisen einen typischen Aufbau der Zellwand (Schale) auf. Sie besteht zum Teil aus glasartiger, amorpher Kieselsäure. Die Schale ist in zwei Hälften unterteilt, die ähnlich wie eine Schuhschachtel ineinander greifen. Um den Stoffaustausch zu ermöglichen, ist die Schale von „Löchern" durchbrochen. Wie später noch gezeigt wird, wird die Schalenmorphologie maßgeblich auch vom Ionengehalt des umgebenden Mediums bestimmt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

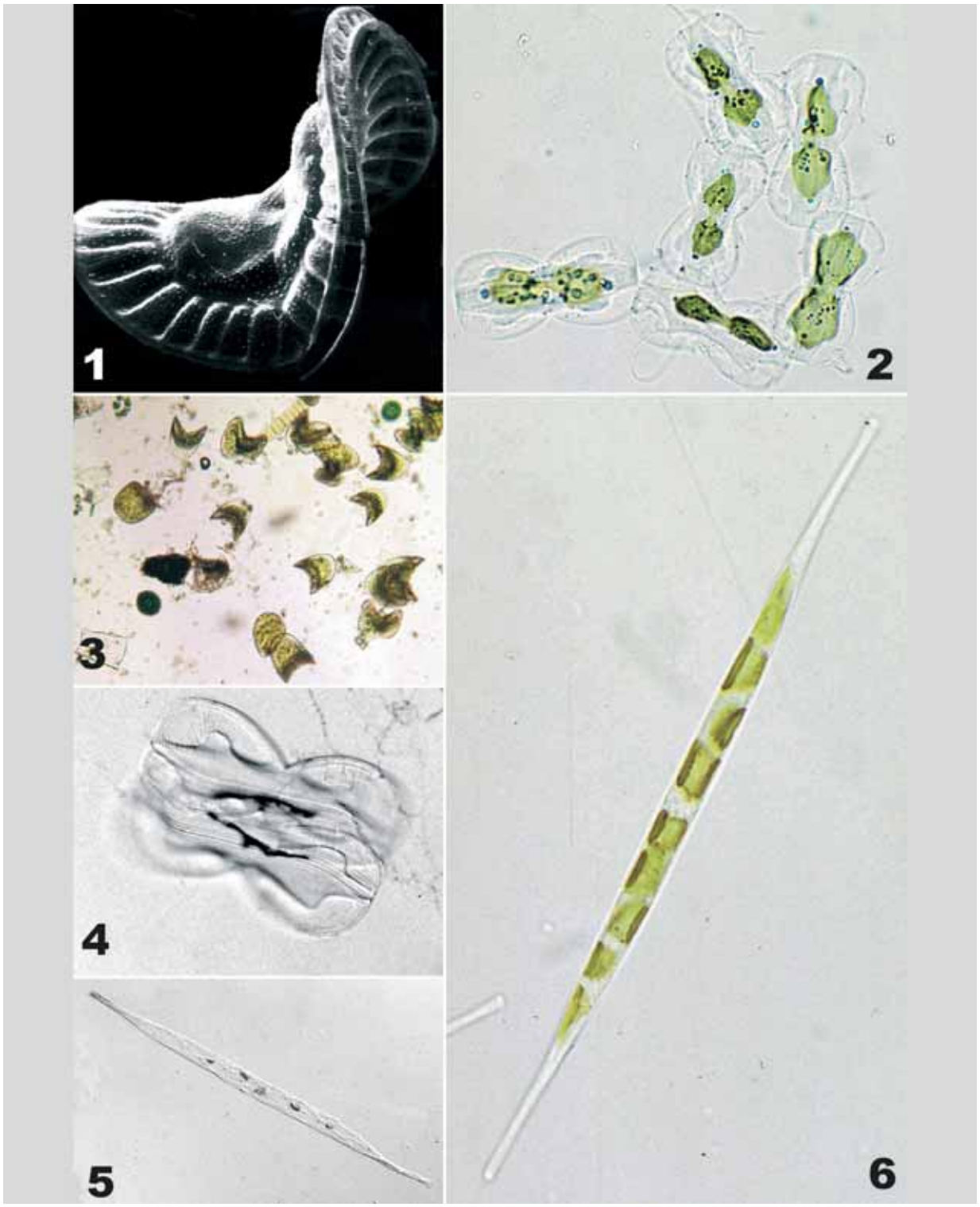


Abb. 39: 1: *Campylodiscus clypeus* (Neusiedler See), 2: *Entomoneis paludosa* (Salztümpel aus der Umgebung Zwingendorf), 3: Plankton des Neusiedler Sees *(C. clypeus)*, 4: *Entomoneis paludosa* (Umgebung Zwingendorf), 5: *Cylindrotheca gracilis* (Umgebung Zwingendorf), 6: *Cylindrotheca gracilis* (Salztümpel Zwingendorf) *(Foto 1: REM-Aufnahme von A. SCHMID, 1973, übrige Fotos: M. Schagerl).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Bereits vor rund siebzig Jahren beobachtete KOLBE (1927, 1932) eine ausgeprägte Abhängigkeit mancher Kieselalgenarten vom Salzgehalt und begründete ein Halobiensystem, das von HUSTEDT (1957) und SIMONSEN (1962) weiter adaptiert wurde. ZIEMANN (1971) nennt mit rund 100 mg l^{-1} Chlorid den Beginn des Versalzungseinflusses, ab dem halophile und halobionte Formen auftreten. Auch ZIEMANN (1971) stellt ein Halobiensystem vor, dessen Klassengrenzen physiologische Schwellen sind, was sich in charakteristischen Veränderungen der Diatomeengemeinschaft ausdrückt. Während die Verbreitung von Kieselalgen im Süßwasser vorwiegend von Kalzium-Hydrogenkarbonat beeinflusst wird, sind im Salzwasser osmotische Bedingungen für spezifische Diatomeengemeinschaften ausschlaggebend. Die Klassifikation der Binnengewässer nach der biologischen Wirkung des Salzgehaltes (ZIEMANN 1971) erfolgt dabei in folgende Großgruppen:

- infrahalob (extrem salzarme Standorte),
- oligohalob (Süßwasser einschließlich Wasser mit erhöhtem Salzgehalt),
- mesohalob (Salzgewässer aller Art) und
- polyhalob (extreme Salzstandorte).

PANKOW (1976) gibt in seinem verwendeten Halobiensystem zusätzlich auch Salinitätsbereiche an. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass verschmutzte Gewässer häufig auch erhöhte Elektrolytgehalte aufweisen, weshalb einige der salzliebenden Kieselalgen auch in verunreinigten Gewässern verbreitet anzutreffen sind.

Von allen Algengruppen erfuhren Kieselalgen die umfangreichsten Untersuchungen in der Region um den Neusiedler See. Im Neusiedler See selbst wurden bereits 1862 von GRUNOW (1862a, b) Untersuchungen durchgeführt. Er weist auf den einzigartigen Charakter der Gegend um den Neusiedler See hin:

> *„Das Vorkommen [von* Campylodiscus clypeus*, Anm. des Autors] ist jedenfalls höchst interessant, und lässt noch manche von mir dort nicht aufgefundene brakische Diatomee in diesem Binnenwasser vermuthen. Leider habe ich erst einmal Gelegenheit gehabt denselben algologisch zu untersuchen und fordere daher Botaniker die dorthin Excursionen machen, dringend auf, gründlich nach Diatomaceen und anderen Algen zu suchen, besonders an den südlichen Rändern desselben, so wie im Hanság".*

Die genannte Art zählt noch heute zu den weit verbreiteten, kosmopolitischen Salzwasserarten (vgl. Abb. 39).

Diese strenge Aufforderung von GRUNOW (1862a) hat erst rund 80 Jahre später LEGLER (1941) aufgegriffen und sich im Jahre 1939 mit der Kieselalgenflora des Seewinkels auseinandergesetzt. Neben einer ausführlichen Darstellung chemischer Analysen von acht Lacken (die mittlerweile leider teilweise verschwunden sind), ging er auch auf die Verbreitung ausgesuchter Kieselalgenarten ein. Dieser Vorstudie sollte eine umfassende Publikation folgen. Legler fiel jedoch im Krieg und konnte damit sein Werk nicht mehr vollenden.

Neben einigen halophilen (salzliebenden) Arten erscheint LEGLER (1941) das Auftreten von *Amphora coffeaeformis* und *A. commutata* besonders erwähnenswert. Diese stenohalinen, meso- bis polyhaloben Salzwasserformen treten teilweise massenhaft im Brackwasser oder salzhältigen Binnengewässern auf. Auch KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) weisen dezidiert auf das Vorkommen von *Amphora coffeaeformis* und *A. commutata* im Seewinkel hin. LEGLER (1941) wies auch drei *Anomoeoneis*-Arten als bevorzugte Salzwasserorganismen aus. Heute werden diese ehemaligen Arten als Formen ein und derselben Art, nämlich von *Anomoeoneis sphaerophora*, geführt. KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) beschreiben die Formen als ökologische Modifikationen mit reversiblem Charakter, die vom Salzgehalt abhängen. Bereits HUSTEDT (1959b) zeigte anhand von Probenmaterial aus dem Seewinkel-Gebiet diese Formenübergänge auf.

Häufig im Seewinkel anzutreffen ist auch *Navicula halophila*. Bereits der Name weist auf die bevorzugten Biotope, nämlich Salz- und Brackwasser hin. Verbreitungsschwerpunkt von *N. halophila* ist elektrolytreiches Wasser mit erhöhten osmotischen Druckschwankungen. Die Gattung *Scoliopleura* beinhaltet bis auf eine Art marine Vertreter. *Scoliopleura peisonis* wurde von GRUNOW (1860) aus

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

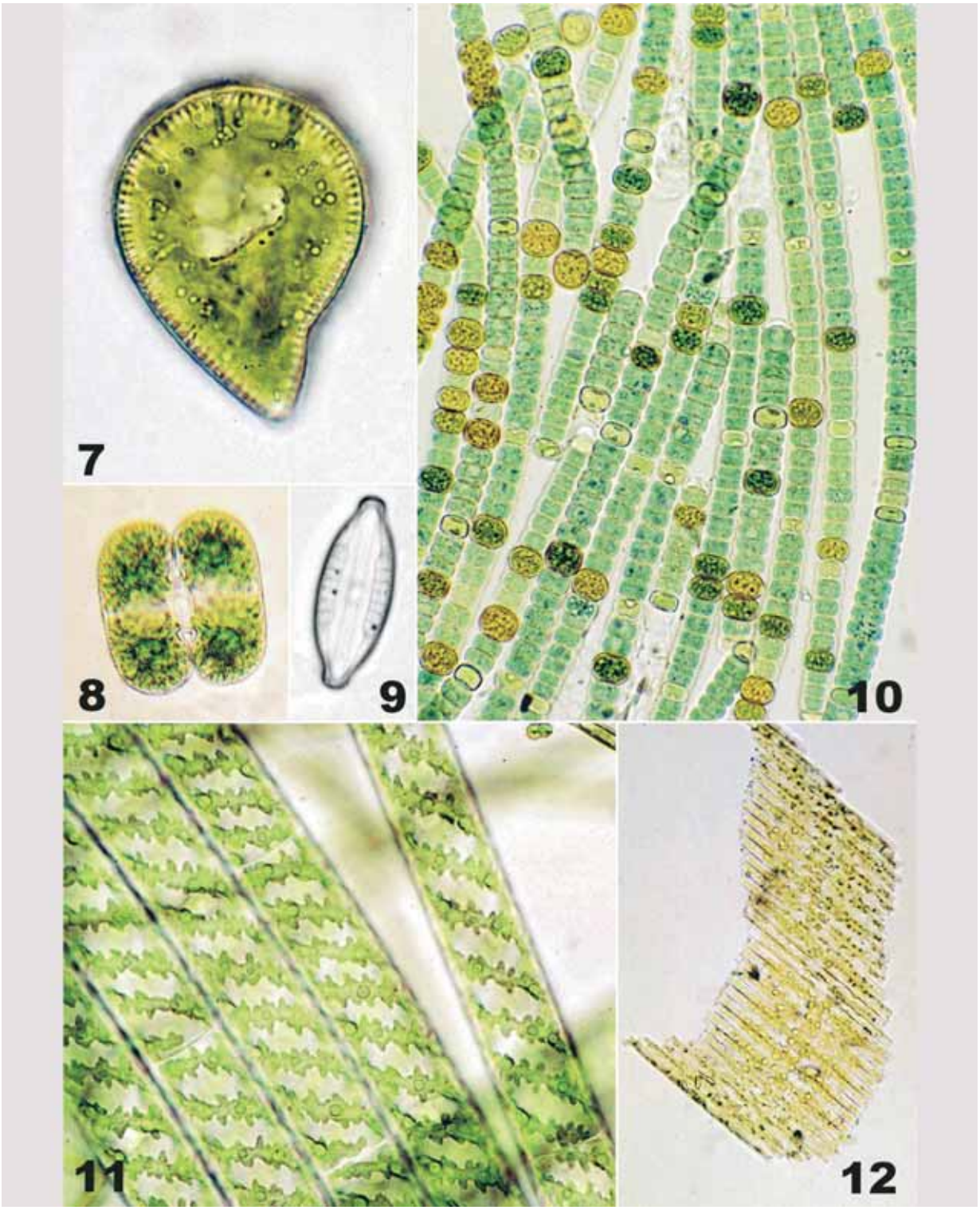


Abb. 40: 7: *Surirella peisonis* (Neusiedler See), 8: *Cosmarium biretum* var. *trigibberum* (Fuchslochlacke, Seewinkel), 9: *Mastogloia smithii* (Hölllacke, Seewinkel), 10: *Nodularia spumigena* (Oberstinkersee, Seewinkel), 11: *Spirogyra* sp. (Stationskanal Illmitz, Neusiedler See), 12: *Bacillaria paradoxa* (Stationskanal Illmitz, Neusiedler See) *(Fotos 7, 9–10, 12: M. Schagerl, Fotos 8 und 11: mit freundlicher Genehmigung von Prof. E. Kusel-Fetzmann).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

dem Neusiedler See beschrieben und ist kosmopolitisch (weltweit) in Gewässern mit hohem Salzgehalt vertreten. Diese Art stellt eine Charakterform der elektrolytreichen Gewässer des Seewinkels und Ungarns dar (HUSTEDT 1959b, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1997).

HUSTEDT (1959b) verfasste die bislang umfangreichste Untersuchung der Kieselalgengemeinschaften im Seewinkelgebiet. Zusätzlich zu der Aufarbeitung von Legler´schem Material wurden 21 weitere Lacken beprobt und insgesamt 131 Arten bestimmt. Neben den von LEGLER (1941) erwähnten Arten werden die autökologischen Ansprüche zahlreicher weiterer Taxa angegeben, die großteils auch heute noch Gültigkeit haben. So kommt die Gattung *Mastogloia* mit rund 250 Arten überwiegend marin vor, rund 10 Arten sind auch in Binnengewässern mit höheren Salzgehalten anzutreffen. *M. smithii* (Abb. 40) und *M. elliptica* können in den Seewinkellacken beobachtet werden (HUSTEDT 1959b, SCHAGERL & RIEDLER 2006). *Gyrosigma peisonis* wurde von GRUNOW (1860) als *Pleurosigma peisonis* beschrieben. HUSTEDT (1959a) weist diese Art als typischen Organismus des Neusiedler Sees („*lacus peisonis*“) aus, der auch vereinzelt in den Lacken angetroffen wird. Nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) bevorzugt *G. peisonis* elektrolytreiche Gewässer wie den Neusiedler See und den Plattensee.

Das vereinzelte Vorkommen der Brackwasserkieselalge *Caloneis permagna* in zwei Lacken (Hallabern- und Einsetzlacke) konnte von SCHAGERL & RIEDLER (2006) nicht mehr bestätigt werden, beide Lacken existieren nicht mehr. Besonders hervorgehoben wird von HUSTEDT (1959b) das gehäufte Auftreten von *Stauroneis wislouchii*, die bisher weltweit nur von drei charakteristischen Salzstandorten bekannt ist. Die Fundorte wurden von KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) bestätigt, es handelt sich dabei um Heilsalzbäder südlich von Leningrad, die Tsaidam-Steppe im Nordtibet – und das burgenländische Salzlackengebiet. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Art in den elektrolytreichen Gewässern rund um den Neusiedler See häufig zu finden ist. Auch SCHAGERL & RIEDLER (2006) konnten diese Art in einigen Lacken nachweisen.

Navicula cincta ist laut HUSTEDT (1959b) eine der am häufigsten anzutreffenden Kieselalgen des Seewinkels, wobei sich das Verbreitungsmaximum auf natriumreiche Lacken konzentriert. *N. cincta* ist verschmutzungstolerant und dringt bis in Brackwasserbereiche vor (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1997), TÜMPLING & FRIEDRICH (1999) weisen die Art als halophil aus. *Navicula subrhynchocephala* dürfte laut HUSTEDT (1959b) in alkalischen Biotopen den Verbreitungsschwerpunkt haben und kommt nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) neben dem Neusiedler See-Gebiet und einem Fundort in Frankreich häufig in elektrolytreichen Gewässern warmer Regionen vor.

Fast alle Arten der Gattung *Entomoneis* sind marin, die wenigen in Binnengewässern vorkommenden Arten sind ebenfalls nur in salzreichen Biotopen anzutreffen. *E. paludosa* (Abb. 39) ist an den Meeresküsten die häufigste Art dieser Gattung, tritt aber auch sehr häufig in Binnengewässern wie dem Neusiedler See und den Seewinkellacken auf.

Die in den Lacken am häufigsten anzutreffende Kieselalge ist *Cymbella pusilla*. Während andere Arten der Gattung *Cymbella* häufig eine typische „Orangenspalten“-Form aufweisen, erinnert *C. pusilla* eher an die schiffchenartige Form einer *Navicula*. KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997) geben als Verbreitungsschwerpunkt Brackwasser, Salinen, Salz- und Karstgewässer an und führen explizit auch den Seewinkel mit seinen salzreichen Lacken an. Auch *Cylindrotheca gracilis* (Abb. 39) hebt den Salzcharakter der Lacken hervor. Die Art kommt häufig an Binnensalzstandorten vor, ist jedoch auch vereinzelt im Süßwasser mit elektrischer Leitfähigkeit um 200–500 µS cm^{-1} zu finden.

Hantzschia vivax ist nach HUSTEDT (1959b) eine charakteristische Art des Seewinkelgebietes, sie kommt zerstreut in europäischen Meeresküsten und in Binnensalzgewässern vor. KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) betonen das gehäufte Auftreten dieser Art im Salzlackengebiet des Seewinkels. Mit der Gattung *Hantzschia* nahe verwandt ist *Nitzschia,* auch in dieser Gruppe sind einige typische Vertreter von Binnensalzgewässern vertreten. So ist *N. tryblionella* – mit einer Länge bis 180 µm unter den Al-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

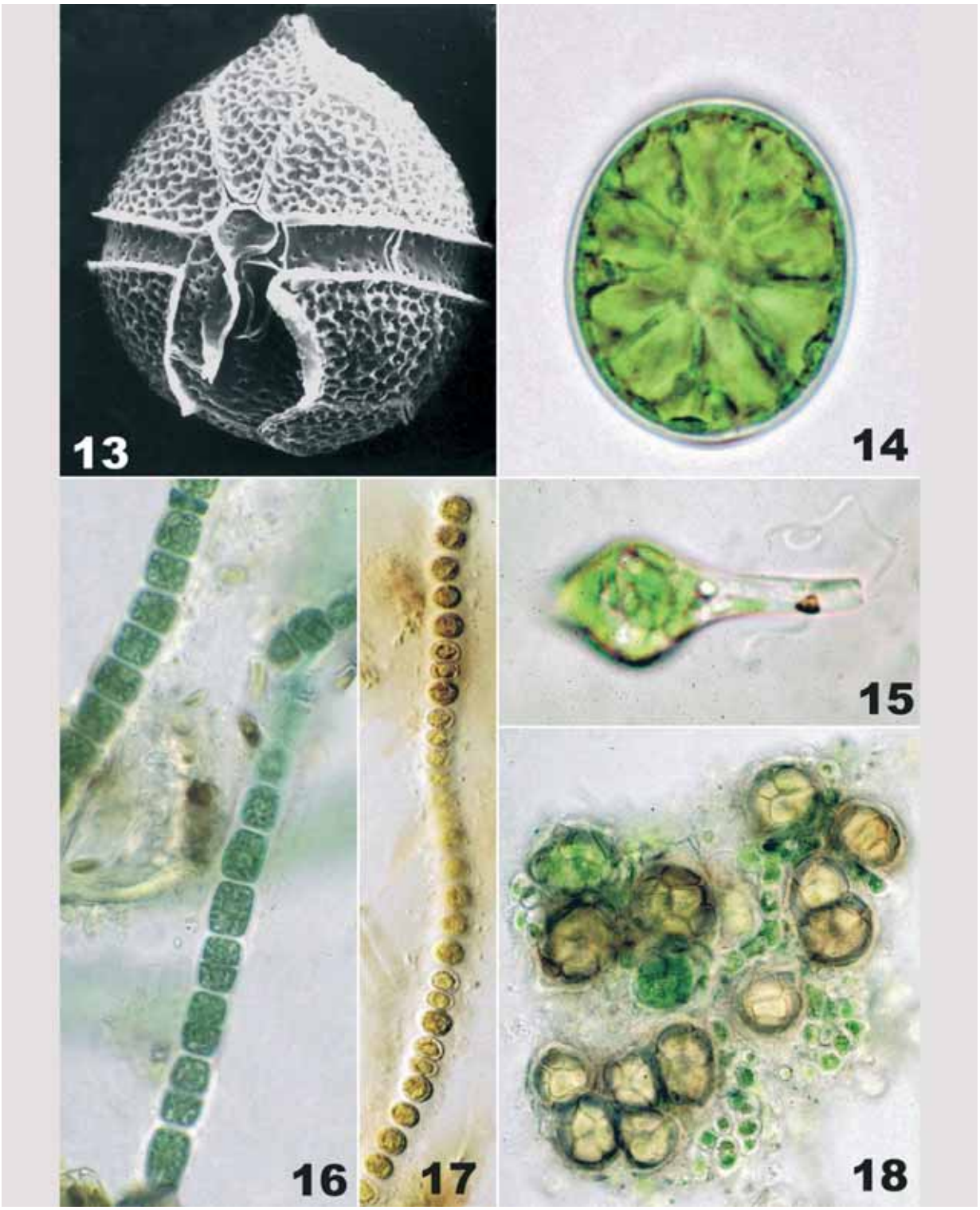


Abb. 41: 13: *Peridiniopsis borgei* (Windradlteich, ein Ziegelteich bei Wr. Neudorf), 14: *Neglectella peisonis* (Neusiedler See), 15: *Eutreptia viridis* (Stundlacke, Seewinkel), 16: *Chroodactylon* cf. *ornatum* (Schilfgürtel Neusiedler See), 17: *Sphaeridiothrix* sp. (Schilfgürtel Neusiedler See), 18 Zygoten von *Coleochaete* sp. (Schilfgürtel Neusiedler See) *(Fotos: M. Schagerl)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

gen durchaus eine „imposante" Erscheinung – tolerant gegen osmotische Druckschwankungen, wie sie in den Seewinkellacken jahreszeitlich bedingt auftreten. Der Schwerpunkt dieser Art fällt auf Brackwasserbiotope. *Nitzschia diversa* wurde von HUSTEDT (1959b) aus dem Albersee (Seewinkel) beschrieben, der seither nach KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) als einzige Fundstelle weltweit gilt! SCHAGERL & RIEDLER (2006) fanden diese besondere Rarität ausschließlich im Uferbereich des Oberstinkersees. HUSTEDT (1959b) bezeichnet die in den Lacken häufig auftretende *Nitzschia vitrea* als mesohalobe und euryhaline Art, die tolerant gegen Schwankungen der Salzkonzentration sowie der Ionenverhältnisse ist. KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) bestätigen, dass es sich hier um eine Leitform in Salzgewässern des Binnenlandes handelt. *Nitzschia elegantula* wurde von HUSTEDT (1959b) noch als *Nitzschia jugiformis* geführt und ist ein seltener Vertreter sehr elektrolytreicher Gewässer. Die sehr große *N. peisonis* wurde bisher nur in den elektrolytreichen Gewässern Ungarns und des Burgenlands gefunden. Möglicherweise wird diese Art unter anderem Namen als Meereskieselalge geführt, da sie von KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) an der spanischen Mittelmeerküste gefunden wurde. Die beiden von HUSTEDT (1959b) angegebenen Lackenstandorte existieren heute leider nicht mehr, auch SCHAGERL & RIEDLER (2006) fanden die Art in ihrer umfangeichen Untersuchung nicht, sodass das Auftreten dieser Art nunmehr auf den Neusiedler See beschränkt ist. Bisher nur aus den Salzlacken des Seewinkels bekannt ist *Nitzschia austriaca*, die laut HUSTEDT (1959b) für Sodagewässer charakteristisch ist. *Nitzschia obtusa*, die von HUSTEDT (1959b) häufig im Herrnsee gefunden wurde, ist laut KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1988) auf Salzgewässer beschränkt und damit auch als typischer Zeiger des Salzcharakters einiger Lacken zu werten.

Die große Gattung *Surirella* beinhaltet viele Endemiten (Arten, die in einem begrenzten Lebensraum vorkommen), was u. a. auf ihre Größe und ihre charakteristischen Biotope zurückzuführen sein dürfte. Sedimentuntersuchungen zeigten außerdem, dass diese weit entwickelte Gattung sehr jung ist, d. h. im Laufe der Evolution erst seit kurzem anzutreffen ist. Zwei eindrucksvolle Arten, nämlich *Surirella hoefleri* und *S. peisonis* (Abb. 40) sind in einigen Lacken des Seewinkels anzutreffen und zeigen den hohen Salzgehalt an. *S. hoefleri* wurde von HUSTEDT (1959b) neu beschrieben und ist bislang nur aus den Sodalacken des Seewinkelgebietes bekannt (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1988) – sie stellt somit eine endemische Form dar! Auch von der zweiten salzzeigenden Art *S. peisonis* gibt es bis heute nur wenige gesicherte Fundorte wie den Plattensee, den Neusiedler See und die Seewinkellacken. HUSTEDT (1959a) beschreibt *S. peisonis* als Leitform des Neusiedler See-Gebietes, wobei höchste Abundanzen in Soda- und Glaubersalzlacken zu verzeichnen sind.

Die sattelförmig gebaute Kieselalgengattung *Campylodiscus* ist im Neusiedler See-Gebiet mit *C. clypeus* (Abb. 39), der schon von GRUNOW (1862a) beobachtet wurde, *C. bicostatus* (ebenfalls ein Salzzeiger, häufiges Auftreten im Neusiedler See und Plattensee) und *C. hibernicus* vertreten (SCHAGERL & RIEDLER 2006). *Surirella* und *Campylodiscus* sind ideal an Flachwasserbiotope mit erhöhter Trübe adaptiert. Die spezielle Form der Zellen und die Lage der Raphen – der Bewegungsorganellen der Kieselalgen – erlauben eine ständige Bewegung zum Licht unabhängig von der momentanen Lage der Zelle. Der äußerst robuste Bau der Zellwand erträgt außerdem hohe Scherkräfte, die durch Turbulenzen auf die Organismen wirken.

Bacillaria paradoxa (Abb. 40), ebenfalls ein typischer Vertreter des Brackwassers, kommt lokal im Neusiedler See vor und ist auch in manchen Lacken zu finden (SCHAGERL & RIEDLER 2006). Diese Art ist seit nunmehr 220 Jahren bekannt, der Erstbeschreiber MÜLLER benannte sie 1786 *Vibrio paxillifer.* In dieser Zeit wurde die bewegliche Art noch als Tier gehandelt (ROUND et al. 1996). Ende des 18. Jahrhundert beschrieb Gmelin genau diese Art als *Bacillaria paradoxa.* Sie ist die erste wissenschaftlich beschriebene Kieselalgengattung, von der sich auch der Name Bacillariophyceae für die Kieselalgen ableitet. Interessanterweise wies HUSTEDT (1959b) dezidiert auf die Abwesenheit von *Bacillaria paradoxa* im Seewinkel hin:

> *„Sie* [B. paradoxa*, Anm. des Autors] gehört zu den besonders im sehr breiten Schilfgürtel des*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Sees häufigsten Massenformen, aber im Lackengebiet habe ich bisher nicht ein einziges Exemplar gefunden."

Wahrscheinlich wanderte diese mesohalobe Art (TÜMPLING & FRIEDRICH 1999) in den letzten 40 Jahren aus dem nahe gelegenen Neusiedler See ein. *B. paradoxa* bildet kettenförmige Aggregate, wobei die Zellen mit Hilfe ihrer Raphen verblüffend rasch aneinander gleiten. Meine Lehrerin Prof. Kusel-Fetzmann verglich dieses Phänomen treffend mit dem Aus- und Einfahren von Feuerwehrleitern.

In ihrer Dissertation untersuchte SCHMID (1973) die Salzresistenz von 15 Kieselalgenarten aus dem Neusiedler See-Gebiet und protokollierte äußerst genau die bisherigen Funde der untersuchten Organismen. Es zeigte sich, dass die Algen je nach ihrer Herkunft (Sodalacken, marines Brackwasser oder Süßwasser) spezifische Toleranzamplituden aufweisen. So zeigte *Surirella peisonis* als Leitform für Sodagewässer die höchste Resistenz gegenüber Sulfatsalzen (z. B. Glaubersalz). *Bacillaria paradoxa*, ein typischer Vertreter von Küstengewässern, erwies sich als besonders widerstandsfähig gegenüber Chloridstress. *Cymatopleura solea* und *Nitzschia sigmoidea* hingegen zeigten nur geringe Toleranz gegenüber verschiedenen Salzen. Diese Arten sind häufig im Süßwasser vertreten. SCHMID (1973) konnte ebenfalls nachweisen, dass veränderte Salzkonzentrationen die Schalenmorphologie maßgeblich beeinflussen. Diese Beobachtung ist auch hinsichtlich der Taxonomie von großer Wichtigkeit, da die Kieselalgensystematik (fast) ausschließlich auf der Schalenstruktur beruht. Hier zeigt sich, dass physiologische Untersuchungen auch für die Taxonomie enorme Bedeutung haben können.

1996 zählten SCHAGERL & RIEDLER (2006) rund 90 Kieselalgentaxa, darunter auch die bereits erwähnten Salzzeiger. Die von HUSTEDT (1959b) ebenfalls nachgewiesene *Cymbella hungarica* wurde bisher ausschließlich in mitteleuropäischen Seen mit hohen Salzgehalten gefunden (Neusiedler See, Plattensee; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1997), diese Art stellt somit eine besondere Rarität dar. *Amphora veneta*, die nicht selten in den Lacken auftrat, ist als Kosmopolit in Gewässern mit hohem Elektrolytgehalt zu bezeichnen, tritt aber ebenfalls – teils massenhaft – in organisch belasteten Gewässern auf. Als Endemit wird *Navicula halophilioides* geführt (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1997), denn bisher konnte diese Spezialität nur in den Salzlacken des Seewinkels und im Neusiedler See (KUSEL-FETZMANN 1974, 1979) gefunden werden.

6.2.4 Weitere Algengruppen

Unter den **Goldalgen (Chrysophyceae)** wurde die sonst nur vereinzelt auftretende Gattung *Sphaeridiothrix* (Abb. 41) als Aufwuchs beobachtet (SCHAGERL & RIEDLER 2006). Zu den Goldalgen gehören zum überwiegenden Teil Flagellaten, daneben wurden bisher nur wenige kokkale (d. h. unbewegliche Algen mit differenzierten Zellwänden, die keine Merkmale von beweglichen Zellen mehr aufweisen) oder – wie in diesem Fall – fädige Vertreter beschrieben. S*phaeridiothrix* wurde bisher ausschließlich aus moorigen Biotopen dokumentiert, möglicherweise handelt es sich hier um ein neues Taxon.

Eine detaillierte Untersuchung über **Euglenophyten („Augentierchen")** des Neusiedler Sees führte erstmals SCHILLER (1956) durch. In dieser Arbeit behandelte er die Gattungen *Euglena* und *Eutreptiella.* Mit insgesamt 80 beschriebenen (heute teilweise revidierten) Taxa fällt das besonders reiche Vorkommen dieser Algengruppe im Gebiet des Neusiedler Sees auf. Massive Bedeutung für das hohe Auftreten der Euglenophyten dürften die Schilfbestände um den See und um manche Lacken haben. Durch lebendes Schilf, vor allem aber durch den Abbau toter Pflanzenbestände werden gelöste organische Verbindungen wie Huminstoffe freigesetzt, was sich u. a. in einer Braunfärbung des Wassers ausdrückt. Gerade diese Substanzen stellen für viele Euglenophyten eine wichtige Nahrungsquelle dar (osmotrophe Ernährungsweise).

In ihrer profunden Monographie über die Euglenophyten des Neusiedler Sees beschrieb KUSEL-FETZMANN (2002) insgesamt 139 Taxa, darunter 43 farblose Vertreter. In der Arbeit wurde auch der Versuch unternommen, die Taxa anhand ihrer Salztoleranz zu klassifizieren. Sie stellte dabei fest, dass eine gro-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ße Zahl der beobachteten Arten als indifferent einzustufen sind, sie treten gehäuft auch in nährstoffreichen und verschmutzten Gewässern auf. Daneben wurden jedoch auch Organismen verzeichnet, die für marin-brackische Standorte charakteristisch sind, wie etwa die Gattungen *Eutreptia* (Abb. 41) und *Anisonema.*

Auch im Stamm der **Grünalgen (Chlorophyta s. l.)** sind Besonderheiten zu finden. Eine kokkale Grünalge, die im Neusiedler See in den Sommermonaten häufig auftritt, wurde aufgrund morphologischer Besonderheiten als eigene Art abgegrenzt, nämlich als *Neglectella peisonis* (Abb. 41) (SCHAGERL 1993). Sowohl im Neusiedler See als auch in den Seewinkel-Lacken finden sich auch einige Zieralgenformen der Gattungen *Staurastrum, Cosmarium* (Abb. 40) oder der Mondsichelalge *Closterium*. Hier zeigt sich, dass Zieralgen durchaus nicht ausschließlich auf saure Standorte wie Hochmoore angewiesen sind, sondern manche Formen basische Bedingungen und erhöhte Salzgehalte tolerieren.

Besonders in den Sommermonaten nehmen Algenmatten große Flächen in den Salzlacken ein. Bei Austrocknen der Lacken speichern die Matten Wasser und dienen so als Refugialraum für viele Organismen. Bei Trocknen der Algenmatten bleichen diese aus und zeigen eine papierartige Struktur, die im Volksmund auch „Meteorpapier" genannt wird. Das Fadengeflecht besteht aus vielen verschiedenen ineinander wachsenden Arten. Die Grundstruktur wird vor allem durch *Cladophora* und zygnemale Algenfäden aus den Gattungen *Spirogyra* (Abb. 40) und *Mougeotia* gebildet. SCHAGERL & RIEDLER (2006) konnten allein neun verschiedene *Spirogyra*-Arten feststellen, darunter auch *S. juergensii*, welche in leicht brackische Gewässer vordringt (KADLUBOWSKA 1984).

6.2.5 Mikrophyten in Lacken der Zwingendorfer Glaubersalzböden

Im Weinviertel (Niederösterreich) existieren im Pulkautal kleinräumige Salzstandorte, die wissenschaftlich bisher nur ungenügend dokumentiert sind (HÜTTERER 1990). Neben dem etwas bekannteren Teich im Bereich der Saliterwiese existieren weitere, von der Jagdgemeinschaft neu geschaffene grundwasserversorgte Tümpel mit Leitfähigkeiten bis über 10.000 µS cm^{-1}.

Eine Tagesexkursion im April 1999 brachte bei den Algen einige Besonderheiten zutage. Unter den Kieselalgen fanden sich Salzindikatoren wie *Cylindrotheka gracilis* (Abb. 39)*, Entomoneis* sp. oder *Navicula cuspitata,* auch die vorwiegend marine Gattung *Eutreptia* (Euglenophyta) wurde beobachtet. Interessanterweise konnte wie im Seewinkelgebiet die Goldalgengattung *Sphaeridiothrix* mehrfach nachgewiesen werden. Aus limnologischer Sicht wurde diesen Kleinoden bisher viel zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet und es steht zu befürchten, dass diese undokumentierten, schützenwerten Biotope alsbald aus der Landschaft verschwinden werden.

6.2.6 Ziegelteiche im Süden von Wien

Durch die intensive Bautätigkeit der Gründerzeit begünstigt, entwickelte sich auf den tegel- und lehmreichen Hängen des Laaer- und Wienerberges sowie im südlich angrenzenden Niederösterreich eine intensive Ziegelindustrie (GÄTZ 1993). Die ehemaligen Tongruben füllten sich mit Grundwasser und so wurde eine große Zahl an Gewässern, die so genannten Ziegelteiche, geschaffen. Infolge reger Siedlungstätigkeit verschwanden viele Teiche wiederum, aber glücklicherweise konnten einige dieser Kleinbiotope erhalten werden und fungieren gegenwärtig als Naherholungsgebiet.

Die Limnologie der Ziegelteiche wurde bisher nur ungenügend dokumentiert, jedoch lassen die spärlichen Beobachtungen einige salztolerante Formen wie etwa die Kieselalgen *Cylindrotheka gracilis* und *Entomoneis* spp. oder das gehäufte Auftreten des Panzerflagellaten *Peridiniopsis borgei* (Abb. 41) erkennen (GÄTZ & SCHAGERL 1990, GÄTZ 1993). In seiner Dissertation weist GÄTZ (1993) darauf hin, dass in den Ziegelteichen viele für stehende Gewässer typische Phytoplankter ausfallen. Ursache dafür dürfte der erhöhte Ionengehalt sein, der auf sensible Organismen limitierend wirkt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

6.3 Die Tierwelt der Salzgewässer

von Georg Wolfram

mit Beiträgen von Erich Eder & Wolfgang Rabitsch

6.3.1 Rädertiere und Kleinkrebse im Freiwasser

Das Freiwasser der Salzgewässer wird neben Mikroorganismen wie Bakterien und Einzellern (beispielsweise Wimpertiere) vor allem von zwei wichtigen Gruppen besiedelt: den Rädertieren und den Kleinkrebsen.

Auf zwei Rädern durchs Wasser …

Rädertiere (Rotatoria, Rotifera) sind mikroskopisch kleine Tiere, die früher zu den „Vermes", den Würmern im weitesten Sinne, gezählt wurden. An ihrem Vorderende besitzen sie einen Wimperapparat, das namensgebende Räderorgan. Es dient meist der Fortbewegung und der Ernährung, indem kleinste Nahrungspartikel herangestrudelt werden. Das Spiel der Wimpernkränze bietet im Mikroskop einen anmutigen und fesselnden Anblick und vermittelt tatsächlich den Eindruck eines sich drehenden Rades. Dieser Effekt wird durch eine Schlagabfolge winziger Wimpern hervorgerufen, deren Frequenz über 1.000 pro Minute beträgt.

Die meisten Rädertiere leben planktisch, eine Reihe von Arten ist aber auch im Schlamm oder auf Wasserpflanzen beheimatet. Als Nahrung dienen Algen und Einzeller, räuberische Formen ernähren sich auch von anderen Rädertieren. Neben weichhäutigen, „wurmförmigen" Rädertieren haben einige Arten auch feste Panzer mit Dornen entwickelt, die ihnen einen gewissen Schutz vor Räubern bieten.

Die Fortpflanzung der Rädertiere erfolgt durch Parthenogenese oder Jungfernzeugung, d. h. die Population besteht nur aus Weibchen. Diese produzieren dünnschalige Eier, aus denen ausschließlich idente weibliche Nachkommen hervorgehen. Diese eineigen „Viellinge" bilden also einen genetisch einheitlichen Klon. Erst eine Verschlechterung der Umweltbedingungen stimuliert die Bildung von männlichen Nachkommen. Diese befruchten dann die Weibchen, welche in der Folge dickschalige Dauereier hervorbringen. Die Dauereier sinken auf den Boden ab und überstehen dort auch extreme Verhältnisse bis hin zur Austrocknung. Nach Verbesserung des Milieus, oft erst nach Jahren, bilden sie den Startpunkt einer neuen Population.

Weltweit sind 1.500 bis 2.000 Arten von Rädertieren bekannt. Nur zwei Arten haben den maritimen Bereich erobert, die überwiegende Mehrheit ist auf Binnengewässer beschränkt. Im Seewinkel zählen die Rädertiere zu den am besten untersuchten Tieren (LÖFFLER 1957, 1959). Über 70 Arten sind aus den Salzlacken beschrieben.

Typische Vertreter der Rädertiere in den Salzlacken sind die hart gepanzerten Arten der Gattung *Brachionus*. *Brachionus plicatilis* (Abb. 42) ist ein klingender Name für jeden Limnologen und bekannt für

Abb. 42: Der nur wenige 100 µm große, planktisch lebende *Brachionus plicatilis* gehört zu den Rädertieren und ist ein typischer Vertreter von Salzgewässern *(Foto: G. Wolfram)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

seine hohe Toleranz gegenüber extremen Salzkonzentrationen. Er ist leicht zu züchten und wird daher in der Ökophysiologie häufig als Versuchstier eingesetzt. Die Art wurde selbst in Gewässern mit einem Salzgehalt von über 100‰ nachgewiesen (HAMMER 1986). *B. plicatilis* überlebt solch extreme Bedingungen durch laufende Anpassung der Salzkonzentration im Körperinneren an jene des umgebenden Wassers (BAYLY 1972). Er zählt also bei höheren Salzgehalten zu den Konformern (vgl. Kap. 4.3).

Brachionus novae-zealandiae var. *hungaricus* ist eine weitere Art dieser Gattung. Sie reagiert im Gegensatz zu *B. plicatilis* relativ sensibel auf die chemische Zusammensetzung des Salzwassers und tritt bevorzugt in Gewässern mit hohem Sodagehalt (Natriumkarbonat) auf. Chloridhältige Gewässer werden hingegen seltener besiedelt. Man könnte sie daher nicht nur als halophil, sondern als natronophil („sodaliebend") bezeichnen (LÖFFLER 1959, MEGYERI 1971).

Auch *Hexarthra jenkinae* gilt als Spezialist für Sodagewässer. Der Name der Gattung leitet sich von den sechs Körperanhängen ab, mit denen sich die Art ruckartig durchs Wasser bewegt. *H. jenkinae* ist auch in ostafrikanischen Salzseen oder den Steppenseen in Zentralasien anzutreffen und hat im Seewinkel eines der wenigen europäischen Vorkommen. Andere *Hexarthra*-Arten besiedeln den Neusiedler See und geringer konzentrierte Salzlacken, so z. B. *Hexarthra fennica*, die sich im Gegensatz zu *H. jenkinae* eher in chlorid- und sulfathältigen Gewässern wohl zu fühlen scheint (HERZIG & KOSTE 1989). Nach LÖFFLER (1959) zeigen auch *Lecane lamellata* und *Lecane ohionensis jorroi* im Seewinkel eine Tendenz zu chloridhältigen Gewässern, während stark alkalische Sodalacken eher gemieden werden. Die beiden Arten wurden auch aus iranischen Chlorid-Gewässern beschrieben (LÖFFLER 1959). Gegensätzliche Angaben finden sich jedoch bei MEGYERI (1971), der *Lecane lamellata* als natronophil bezeichnet.

Die unterschiedliche Bevorzugung von Salzgewässern gleicher Gesamtkonzentration, aber verschiedener chemischer Zusammensetzung lässt sich anhand der Rädertiere deutlich aufzeigen. Sie ist ein Hinweis darauf, wie komplex die Beziehungen zwischen dem Chemismus des Wohngewässers und dem Vorkommen der Arten sind. Salz ist eben nicht gleich Salz.

Die Rädertiere sind eine der wenigen aquatischen Gruppen, über die auch Informationen aus den Salzgewässern bei Zwingendorf vorliegen. Eine einmalige Aufnahme im April 2000 aus verschiedenen Kleingewässern erbrachte den Nachweis von 26 Arten – das ist fast die Hälfte der aus den Salzlacken des Seewinkels bekannten Arten! Typische „Salzarten" wurden zwar nicht gefunden, doch zumindest einige faunistisch interessante Formen. So liegt der einzige Nachweis von *Lophocharis najas* in Österreich über 50 Jahre zurück (!), auch weltweit sind Funde rar. Von *Lecane opias* gibt es noch keine publizierten Funde in Österreich, allerdings sind vereinzelte Vorkommen bekannt, und zwar aus Kärnten, Salzburg und – dem Seewinkel. Die Art ist jedenfalls sehr selten, und vielleicht lässt sich aus dem gleichzeitigen Auftreten in den Salztümpeln bei Zwingendorf und im Seewinkel eine gewisse Präferenz für Gewässer mit erhöhtem Salzgehalt ableiten. In jedem Fall kommt den Salzgewässern bei Zwingendorf aus faunistischer Sicht in Hinblick auf die Rädertierfauna eine besondere Stellung zu.

Wasserflöhe und Hüpferlinge

Die zweite große Gruppe im Plankton von Gewässern sind die Kleinkrebse, die früher unter dem Begriff „Entomostraca" zusammengefasst wurden. Zu ihnen gehören zunächst die **Wasserflöhe** (Cladocera), die verwandtschaftlich den Rücken- und Muschelschalern (vgl. Kap. 6.3.2) nahe stehen und gemeinsam mit diesen die Unterklasse der Blattfußkrebse bilden. Wasserflöhe umfassen planktische, d. h. im Freiwasser lebende Formen, und solche, die zu einer benthischen, d. h. bodenbewohnenden Lebensweise übergegangen sind. Sie werden meist 0,5-2 mm groß und besitzen kräftige Fühler (Antennen), mit denen sie sich ruckartig, wie ein Floh hüpfend, im Wasser fortbewegen können. Auch einige bodenbewohnende Arten benutzen die Antennen zur Fortbewegung, gleichsam als Ruder, mit denen der weiche Schlamm durchfurcht wird.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Wasserflöhe vermehren sich wie die Rädertiere meist parthenogenetisch. Die planktischen Formen ernähren sich, indem sie vor allem Algen, aber auch Einzeller, Bakterien oder organische Partikel mit ihren vielen Beinen zum Mund strudeln. Dadurch filtern sie gleichsam den Wasserkörper und können eine merkliche Verringerung der planktischen Algen herbeiführen.

Die überwiegende Zahl der weltweit 450 bis 600 Blattfußkrebse ist in Binnengewässern zu Hause, nur 40 Arten sind aus Brackwasser, 8 aus dem Meer bekannt (ALADIN 1991). Unter den Binnengewässerarten kommen einige Arten auch in leicht salzhältigen, nur wenige in hoch salinen Gewässern vor. Wie bei vielen anderen Formen verfügen auch nur sehr wenige Blattfußkrebse über die Fähigkeit zu hypoosmotischer Regulation, also zur Aufrechterhaltung einer gleich bleibend niedrigen Innenkonzentration bei hohen Salzgehalten. Die meisten Arten stark salzhältiger Gewässer leben daher als Konformer, d. h. sie passen den Salzgehalt der Körperflüssigkeiten jenem des umgebenden Mediums an und ertragen auch zeitliche Schwankungen des Salzgehaltes ihres Lebensraumes.

Die häufigste Art unter den Blattfußkrebsen des Seewinkels ist *Daphnia magna*, die fast im gesamten Gebiet verbreitet ist. Wie der Name sagt, handelt es sich dabei um einen vergleichsweise großen Wasserfloh, der über 4 mm groß werden kann. Zu gewissen Zeiten kann man in den Salzlacken riesige Schwärme dieses Wasserflohs antreffen, die das Wasser geradezu rötlich färben. Nachdem die wenigsten Salzlacken von Fischen besiedelt werden, besteht kein Räuberdruck, was eine scheinbar ungehemmte Entwicklung der Art ermöglicht.

Daphnia magna ist kein richtiger Salzspezialist, auch wenn sie sporadisch bis zu einem Salzgehalt von 45‰ auftritt. Nach MUNDKOWSKI & MEIJERING (1987) ist die Aktivität jedoch bereits bei einer Leitfähigkeit von 14-15.000 µS cm^{-1}, das entspricht rund 15‰ Salzgehalt, reduziert. Die zunehmend schwierigeren Umweltbedingungen über dieser Schmerzgrenze kann die Art mit Hilfe von Dauereiern überstehen. ALONSO (1990) fand mit zunehmendem Salzgehalt auch eine Veränderung der Form des Panzers, deren tiefere Bedeutung jedoch noch nicht klar ist. Von großem Interesse sind Untersuchungen von TESCHNER (1995), wonach es innerhalb der Art verschiedene Klone gibt, die in unterschiedlichem Ausmaß an Süßwasser oder Salzwasser angepasst sind.

Zwei weitere Wasserflöhe der Gattung *Daphnia* verdienen Erwähnung: *Daphnia atkinsoni* wird wie *Daphnia magna* regelmäßig aus Salzgewässern bis 17‰ beschrieben. Die Art ist schwerpunktmäßig im Mittelmeerraum verbreitet und strahlt allenfalls im ozeanisch beeinflussten Gebiet weiter nach Norden aus. In Österreich gibt es nur zwei bekannte Vorkommen: den Seewinkel und die Salztümpel bei Zwingendorf – ein Nachweis für die Verwandtschaft der beiden weit auseinander gelegenen Salzstandorte.

Auch *Daphnia curvirostris* ist eine faunistische Rarität, die im April 2000 aus dem Dorfteich bei Zwingendorf nachgewiesen wurde. Sie war in Österreich bis in die 1970er Jahre mit grenznahen Vorkommen nur im March-Donaugebiet bekannt. Diese sind durch Trockenlegungen in den 1980er Jahren erloschen. Der Fund in Zwingendorf ist ein erfreulicher Nachweis einer Art, die in Österreich schon fast als ausgestorben galt.

In welchen Dichten die Daphnien in den Salzlacken des Seewinkels vorkommen können, vermittelt anschaulich ein Bericht von STUNDL (1949) über Massenentwicklungen von *Daphnia magna* und *D. atkinsoni*, welche – vom Wellenschlag ans Ufer geworfen – mehrere Zentimeter hohe Wülste verendeter Kleinkrebse bildeten.

Etwas kleiner als die *Daphnia*-Arten sind die Vertreter der Gattung *Moina*, zu denen eine Reihe von äußerst salztoleranten Arten zu zählen ist. Viele sind aus extremsten Salzbiotopen, insbesondere auch aus Sodaseen ähnlich jenen des Seewinkels bekannt. Bei uns ist *Moina brachiata* ein häufiger Vertreter des Sommerplanktons. Auch wenn die Art nicht ausschließlich auf Salzgewässer beschränkt ist, so zeichnet sie doch eine bemerkenswerte Toleranz gegenüber den hohen Alkalinitäten der Salzlacken aus. Im Laborversuchen erwies sich die Arten bis zu einer Leitfähigkeit von 46.000 µS cm^{-1} tolerant, das entspricht einer Alkalinität von über 300 mval l^{-1} bzw. einem Salzgehalt von rund 30‰. Im Freiland

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

wurde *Moina brachiata* bis 35.000 µS cm^{-1} gefunden. In ihrer Bevorzugung von Sodagewässern ähnelt die Art einigen weiter oben beschriebenen Rädertierarten, die ebenfalls hohe Sodagehalte tolerieren. Sie ist somit als natronophil (und nicht als unspezifisch halophil) einzustufen.

Eine weitere Gruppe der Kleinkrebse sind die Ruderfußkrebse oder **Hüpferlinge** (Copepoda). Weltweit dürfte es mehr als 11.500 Arten geben, von denen aber nur rund 10 % in Binnengewässern anzutreffen sind. Sie liegen mit 0,2 bis 5 mm im gleichen Größenbereich wie die Wasserflöhe. Im Gegensatz zu diesen bewegen sich die Hüpferlinge mit Hilfe ihrer Beine ruckartig und äußerst schnell durchs Wasser. Einige Arten teilen das Nahrungsspektrum der Wasserflöhe, andere ernähren sich auch räuberisch. Die Ruderfußkrebse beherrschen das Plankton der Salzlacken des Seewinkels ebenso wie die Tümpel bei Zwingendorf. Im Seewinkel ist es vor allem eine Art, die geradezu als Leitform der Salzlacken gelten kann: *Arctodiaptomus spinosus* (Abb. 43). Jeder, der schon einmal in einer der höher konzentrierten Salzlacken des Seewinkels nach aquatischen Lebewesen gekäschert hat, kennt diesen Kleinkrebs. Manchmal ist er auch schon vom Ufer aus mit freiem Auge als dichte Wolke kleiner, knallroter Punkte zu sehen. *A. spinosus* gilt ähnlich der Rädertierart *Hexarthra jenkinae* als ausgesprochener Sodaspezialist (MEGYERI 1971), der in Experimenten noch bei Alkalinitäten von 400 mval l^{-1} leben kann. Er ist entlang eines breiten Bandes von der ungarischen Tiefebene bis nach Zentralasien verbreitet und kommt auch in den großen Sodaseen Asiens wie dem Van-See in Ostanatolien vor. Im Seewinkel hat die Art seine westliche Verbreitungsgrenze und wurde dort bis 300 mval l^{-1} (das entspricht > 25 ‰) nachgewiesen. Wie die meisten Kleinkrebse dürfte auch *A. spinosus* ein Konformer sein, d. h. er bewältigt die hohen Salzgehalte durch ständige Anpassung der Salzkonzentration im Körperinneren an jene des umgebenden Wassers. NEWRKLA (1978) untersuchte die Toleranz dieses Krebses gegenüber der Alkalinität seines Lebensraumes und fand ein Optimum bei 60-100 mval l^{-1} (Abb. 44).

Eine weitere im Seewinkel weit verbreitete Art ist *Arctodiaptomus bacillifer*. Er ist kein Sodaspezialist wie *A. spinosus*, kann jedoch ganz allgemein als euryhalin, d. h. tolerant gegenüber allen Anionen (also auch Chlorid) bezeichnet werden. Er tritt bevorzugt in der kalten Jahreszeit auf und „überdauert" den Som-

Abb. 43: Die Leitart der planktischen Kleinkrebse in den Salzlacken des Seewinkels ist der Sodaspezialist *Arctodiaptomus spinosus (Foto: G. Wolfram).*

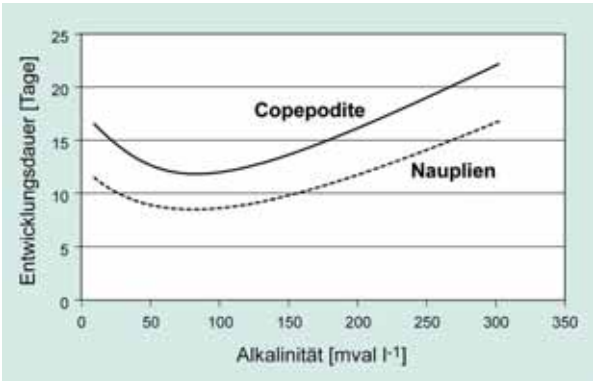


Abb. 44: Entwicklungsdauer von zwei Entwicklungsstadien (Nauplien und Copepodit-Stadium) des Ruderfußkrebses *Arctodiaptomus spinosus* in Abhängigkeit von der Alkalinität (Konzentration von Karbonat/Hydrogenkarbonat, vgl. Kap. 5.2). Am raschesten entwickeln sich die Jugendstadien dieses Sodaspezialisten (Soda = Natrium-Hydrogenkarbonat) bei einer Alkalinität von 60–100 mval l^{-1}. Bei höheren, aber auch bei geringeren Konzentrationen dauert das Wachstum bis zum Adulttier länger *(Grafik: G. Wolfram, nach Newrkla 1978).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

mer in jüngeren Altersstadien, den so genannten Copepoditen. Als kontinentale Art ist *Arctodiaptomus bacillifer* in ozeanischen Kleingewässern kaum zu erwarten, auch wenn sie unter anderem aus Salzgewässern bei Halle beschrieben wurde (LÖFFLER 1959). In den Salztümpeln bei Zwingendorf, unter anderem im Dorfteich inmitten der Ortschaft, wurde *A. bacillifer* in großen Dichten gefunden. Es ist dies neben den Salzlacken des Seewinkels das einzige bekannte Vorkommen dieser Art in Österreich!

Zahlreiche weitere Ruderfußkrebse aus dem Seewinkel (teilweise auch aus den Zwingendorfer Salzgewässern) können als Konformer hohe Salzgehalte ertragen und wurden auch im Seewinkel bei höheren Alkalinitäten angetroffen. Als Beispiel seien die besonders salztoleranten Arten *Diacyclops bicuspidatus* und *Diacyclops bisetosus*, *Eucyclops serrulatus*, *Paracyclops fimbriatus* oder *Megacyclops viridis* genannt. Sie alle dringen bisweilen sogar in den mesohalinen Bereich (> 20 ‰) vor und sind aus verschiedenen anderen Sodaseen bekannt.

6.3.2 Urzeitkrebse

von Erich Eder

Groß-Branchiopoden oder „Urzeitkrebse" stellen biologisch-systematisch genau genommen keine einheitliche Gruppe dar. Aufgrund zahlreicher ursprünglicher Merkmale, des hohen phylogenetischen Alters und der ihnen gemeinsamen Lebensweise werden meist drei der vier rezenten Ordnungen der Kiemenfüßer oder Blattfußkrebse (Branchiopoda) als „Phyllopoden" (heute Groß-Branchiopoden) zusammengefasst, während die vierte Ordnung Cladocera („Wasserflöhe") wegen ihrer starken morphologischen Abwandlungen, der weiten Verbreitung und der hohen Artenzahl traditionell eigenen Spezialisten überlassen wird. So sollen auch hier nur jene charismatischen Vertreter der Kiemenfußkrebse behandelt werden, die gerne als „Lebende Fossilien" tituliert werden – ein Prädikat, das streng genommen unter den Groß-Branchiopoden nur dem Rückenschaler *Triops cancriformis* zusteht (THENIUS 2000), der mit mehr als 220 Millionen Jahren auf dem gepanzerten Buckel als älteste lebende Tierart der Welt gilt (KELBER 1999).

Allen Branchiopoden gemeinsam ist der ausgeklügelte Filterapparat der Beine, mit dem kontinuierlich Nahrungspartikel – hauptsächlich Kleinstplankton, Mikroorganismen und organische Schwebstoffe – aus dem Wasser gefiltert werden. Der Nahrungsbrei wird in der Bauchrinne nach vorne zum Mund transportiert und von den Mundwerkzeugen zerkleinert. Gleichzeitig dienen die Beine der Bewegung, der Atmung (deshalb der deutsche Name „Kiemenfüßer") und zum Teil der Fortpflanzung.

Zarte Rückenschwimmer: Anostraca

Die unbeschalten Anostraken sind in ihrer heutigen Gestalt fossil seit dem Jura (vor 140-210 Millionen Jahren) bekannt. Die wegen ihrer zierlichen Erscheinung auch Feenkrebse genannten Tiere schwimmen mit ihren 22 beborsteten Beinen ausschließlich auf dem Rücken, sie orientieren dabei ihre Bauchseite in Richtung des Lichteinfalls (Licht-Rücken-Reflex).

Die heimischen Anostraken – in Österreich sind acht Arten nachgewiesen (Tab. 4) – sind durchwegs getrennt geschlechtlich. Das Männchen hat oft auffällig geformte Zweite Antennen, die zur Umklammerung des Weibchens bei der Paarung dienen. Geschlechtsreife Weibchen besitzen einen Brutsack, in dem die reifen Eier zur Sauerstoffversorgung mit eigenen Muskeln rhythmisch hin und her bewegt und nach und nach ins freie Wasser abgegeben werden.

Urtümliche Panzerträger: Notostraca

Rückenschaler (im Englischen *„tadpole shrimps"*, also „Kaulquappenkrebse") besitzen einen flachen Rückenpanzer, der den Kopf und die beintragenden Segmente des Körpers bedeckt. Notostrake Krebse sind seit der Trias (vor 210-250 Millionen Jahren) in ihrer Gestalt unverändert geblieben (KELBER 1999). Rückenschaler halten sich vorwiegend am Gewässergrund auf, wo sie mit der Bauchseite nach unten im Bodenschlamm nach Nahrung wühlen. Neben Plankton werden auch größere Tiere wie Zuckmückenlarven, Würmer, Feenkrebse oder sogar Kaulquappen erbeutet. An frisch gehäuteten Artgenossen konnte auch Kannibalismus beobachtet werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 4: In Österreich nachgewiesene Groß-Branchiopoden und ihr Bezug zu Salzstandorten. In eckiger Klammer ist die einzige in Österreich zurzeit verschollene Art.

Ordnung	Art	Vorkommen in Salzgewässern
Anostraca	*Branchinecta ferox* (Milne-Edwards)	obligatorisch
	Branchinecta orientalis G. O. Sars	obligatorisch
	Branchipus schaefferi (Fischer)	fakultativ ?
	Chirocephalus carnuntanus (Brauer)	fakultativ
	Chirocephalus shadini (Smirnov)	–
	Eubranchipus (Siphonophanes) grubii (Dybowski)	–
	Tanymastix stagnalis (Linné)	–
	Streptocephalus torvicornis (Waga)	fakultativ ?
Notostraca	*Lepidurus apus* (Linné)	–
	Triops cancriformis (Bosc)	fakultativ
Conchostraca	*Cyzicus tetracerus* (Krynicki)	–
	Eoleptestheria ticinensis (Balsamo-Crivelli)	–
	Imnadia yeyetta Hertzog	fakultativ ?
	Leptestheria dahalacensis (Rüppel)	fakultativ ?
	Limnadia lenticularis (Linné)	–
	[*Lynceus brachyurus* O. F. Müller]	–

In Österreich leben zwei notostrake Arten der Familie Triopsidae (siehe Tab. 4). Sie sind großteils morphologische „Weibchen", eigentlich meist Zwitter, die sich mittels Selbstbefruchtung (und möglicherweise auch Parthenogenese) fortpflanzen. Männchen treten je nach Art und Population in unterschiedlichem Ausmaß auf, bei *Triops cancriformis* sind es in Österreich etwa 5-10 % Männchen, deren Gonaden voll funktionsfähig sind (SCANABISSI et al. 2005). Die reifen Eier werden in den zu Bruttaschen umgebildeten Anhängen des 11. Beinpaars getragen.

Beschalte Schnellentwickler: Conchostraca

Die mit einem zweiklappigen Panzer ausgestatteten Muschelschaler sind seit dem Silur (440-400 Millionen Jahre) bekannt und damit die älteste heute in unveränderter Gestalt auftretende Ordnung der Urzeitkrebse. Sie wühlen im Gewässergrund nach organischem Material und schwimmen unter Zuhilfenahme der Zweiten Antennen, was ihnen einen taumelnden Schwimmstil verleiht. Conchostraken weisen eine besonders rasante Entwicklung auf: Bei sommerlichen Temperaturen konnten bereits acht Tage nachdem die Dauereier in Kontakt mit Wasser kamen, geschlechtsreife Tiere nachgewiesen werden (GOTTWALD & HÖDL 1996). Die ersten beiden Beinpaare der Männchen sind zu Klammerhaken umgebildet, die während der Paarung zum Festhalten der Schale des Weibchens dienen. Die Weibchen tragen die Eier unter der Schale. Bei den Muschelschalern kommen verschiedene Fortpflanzungsmodi vor. Es sind Fälle bekannt, wo innerhalb einer Population geschlechtliche Vermehrung, Selbstbefruchtung und Jungfernzeugung nebeneinander praktiziert werden (SASSAMAN 1995).

Die fünf in Österreich lebenden Arten (Tab. 4) sind getrenntgeschlechtlich, mit Ausnahme der parthenogenetischen Art *Limnadia lenticularis*. Bemerkenswert ist der für Europa erstmalige Fund von vier Männchen dieser seit 1761 bekannten Art in Österreich (EDER et al. 2000), ein Indiz für gelegentliche Selbstbefruchtung zu Zwittern gewordener Weibchen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Pfützen und Lacken:
Mit dem Wasser kommt das Leben

Der älteste bekannte Vertreter der Groß-Branchiopoden, der in Schweden entdeckte fossile Anostrake *Rehbachiella kinnekullensis* † aus dem Oberen Kambrium (vor mehr als 500 Millionen Jahren), lebte noch rein marin (WALOßEK 1993). Spätere Fossilien stammen zum Teil aus dem Brackwasser, aber bereits sehr früh aus den noch heute für Urzeitkrebse typischen Lebensräumen: temporären, d. h. nur zeitweilig wasserführenden Gewässern. Als Ursache für den ab dem Devon so „plötzlich" stattfindenden Wechsel des Lebensraumes der Groß-Branchiopoden gelten die vor rund 400 Millionen Jahren auftretenden räuberischen Fische (KERFOOT & LYNCH 1987). Die Urzeitkrebse waren – evolutionsbiologisch salopp gesprochen – gezwungen, in die chemisch instabileren Binnengewässer auszuweichen. Heute findet man die „Lebenden Fossilien" fast ausschließlich in fischfreien Gewässern: in Salzseen oder temporären („astatischen") Gewässern.

Kurzfristig bestehende Wasseransammlungen bieten meist hervorragende Lebensbedingungen, wie hohe Sauerstoffsättigung, ein Übermaß an Nahrung bei gleichzeitigem Mangel an Konkurrenz und Feinden (WIGGINS et al. 1980). Der Nachteil besteht eben in ihrem kurzen Bestehen. Bewohner temporärer Gewässer müssen daher Strategien besitzen, die oft jahrelangen Trockenphasen zu überdauern: Abwandern, Wegfliegen, Vergraben, Einkapseln oder ganz einfach Sterben – und Weiterleben in der nächsten Generation, mit Hilfe zahlreicher trockenresistenter Eier, so genannter Cysten oder Dauereier.

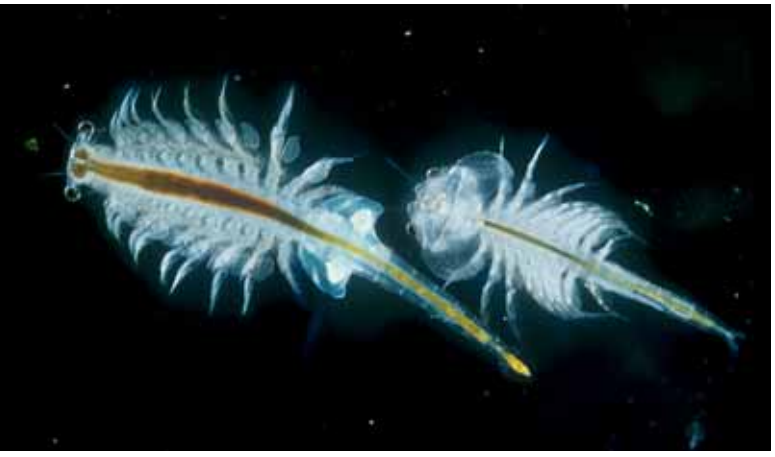


Abb. 45: Der bekannteste und wirtschaftlich bedeutendste Urzeitkrebs *Artemia,* links: Weibchen, rechts: Männchen *(Foto: A. Hartl).*

Steigende Salzkonzentration, ein sicheres Indiz baldigen Austrocknens, führt zu einer rascheren Reifung der Urzeitkrebse. Nach der Abgabe (eine gezielte Eiablage findet nicht statt) benötigen ihre Dauereier noch einige Tage Aufenthalt unter Wasser, in denen sich der Embryo bis zum so genannten Gastrulastadium weiterentwickelt (DRINKWATER & CLEGG, 1991). Dann ist die Cyste bereit für die Überdauerung (Diapause): In Anpassung an lange Trockenzeiten ist der Stoffwechsel der in den Dauereiern befindlichen Embryonen so reduziert, dass er auch mit modernsten Methoden nicht nachweisbar ist (CLEGG 1997). Das hat dazu geführt, dass über einen „Tod auf Zeit" (BLUDSZUWEIT & RIEHL 1998) oder gar eine Neudefinition des Lebens (HOLMES 1997) spekuliert wurde. In freier Natur ist die längste nachgewiesene Zeitspanne, die Triops-Dauereier in Trockenheit überlebten, 27 Jahre (LAUTERBORN 1921).

Der Salinenkrebs

Als „Sea monkeys" sind die kleinen Feenkrebse der Gattung *Artemia* schon in den 1970er Jahren eine Cash-cow der Spielzeugindustrie geworden, ihre wahre wirtschaftliche Bedeutung liegt aber in der idealen Verfügbarkeit als Lebendfutter für die Fisch- und Shrimps-Zucht. Schätzungsweise werden etwa 2.000 Tonnen Artemien-Dauereier jährlich umgesetzt (D. Belk, mündl. Mitt.). Dementsprechend widmet sich das weltweit größte Urzeitkrebs-Forschungsinstitut, das „Laboratory of Aquaculture & Artemia Reference Center" in Gent, Belgien, seit 1970 nahezu ausschließlich dieser einen Gattung.

Salinenkrebse (Abb. 45) kommen weltweit in mehreren Arten in natürlichen und künstlichen Salinen sowie in Salzseen vor. Sie ertragen extrem hohe Kochsalzkonzentrationen (> 220 ‰ im Great Salt Lake) ebenso wie starke Schwankungen der Salinität. Die Zweiten Antennen der Männchen variieren in Form und Größe je nach dem Salzgehalt, was in der Ver-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

gangenheit zu einiger taxonomischer Verwirrung geführt hat. Wie alle Urzeitkrebse produziert auch *Artemia* Dauereier, die aber nicht notwendigerweise austrocknen müssen. Durch die darin enthaltenen Öltröpfchen schwimmen diese Eier oft zu Milliarden an der Wasseroberfläche, wo sie von eigenen Erntebooten systematisch abgefischt werden (BLUDSZUWEIT & RIEHL 1998).

Osmoregulation mit dem „dritten Auge"

Je nach Niederschlägen oder Verdunstung kann sich die Salinität in flachen astatischen Gewässern sehr rasch verändern. Um beispielsweise nach heftigen Regenfällen nicht durch Osmose zu platzen, müssen vor allem weichhäutige Tiere wie die Branchiopoden sehr rasch durch Veränderung ihrer Hämolymphkonzentration reagieren (SCHMIDT-NIELSEN 1974). Das Organ, das dies bewerkstelligt, ist das für die Gattung *Triops* namensgebende „dritte Auge" (Abb. 46). Bei dieser zwischen den beiden Komplexaugen deutlich sichtbaren Struktur handelt es sich weder, wie oft behauptet, um das Naupliusauge (das sich im Inneren des Kopfes befindet) noch sonst um ein Lichtsinnesorgan, sondern um das Nacken- oder Dorsalorgan (HOOTMAN & CONTE 1975, CONTE et al. 1993), das in Zusammenarbeit mit den weichhäutigsten Strukturen, den Kiemen (Epipoditen der Beine), für den Ausgleich der Osmolarität sorgt (KIKUCHI 1972, RUSSLER & MANGOS 1978). Die meisten physiologischen Untersuchungen wurden an *Artemia* durchgeführt, wohl nicht nur ihres extremen Lebensraumes, sondern vor allem des wirtschaftlichen Interesses wegen. Nur wenige befassten sich mit anderen Vertretern salin lebender Anostraken (z. B. GEDDES 1975), nicht heimischen Vertretern der Gattung *Branchinecta* (BROCH 1969) oder Notostraken und Conchostraken (OLESEN 1996); es wird jedoch angenommen, dass das Dorsalorgan bei allen Branchiopoden die gleiche Funktion erfüllt.

Spezialisten versus Anpassungskünstler

Bei in Salzlebensräumen vorkommenden Urzeitkrebs-Arten muss man zwischen relativ toleranten Generalisten wie *Triops cancriformis* und echten Spezialisten (z. B. *Branchinecta orientalis*) unterscheiden. Während *Triops cancriformis* im Aquarium am besten in destilliertem Wasser gedeiht und bei pH-Werten über 8,9 nicht mehr schlüpft (SCHÖNBRUNNER & EDER 2006, vgl. Abb. 49a), wurde diese Art im Seewinkel selbst in sodahältigen „weißen Lacken" bei einer Leitfähigkeit von 1.298 µS cm^{-1} und einem pH-Wert von 9,2 gefunden (EDER & HÖDL 1995a) und überlebt im Labor selbst Meerwasser-Zugaben von bis zu 50 %. In der „Salzsteppe Baumgarten an der March" wurde *Triops cancriformis* gemeinsam mit dem Conchostraken *Imnadia yeyetta* (Abb. 47)

Abb. 46: *Triops cancriformis* (Notostraca), Detail. Das mittlere „dritte Auge", in Wahrheit das der Osmoregulation dienende Dorsalorgan, war für diese Art namensgebend *(Foto: W. Hödl)*.

Abb. 47: Der Muschelschaler *Imnadia yeyetta* bei der Paarung. Das Vorkommen dieser Art im Naturschutzgebiet „Salzsteppe Baumgarten an der March" ist, vermutlich wegen fehlender Pflegemaßnahmen, erloschen *(Foto: E. Eder)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

nachgewiesen (PAAR et al. 1993); Angaben zum Salzgehalt des Gewässers liegen nicht vor. Ähnliches gilt für den Feenkrebs *Branchipus schaefferi* und den Muschelschaler *Leptestheria dahalacensis*, die beide gemeinsam mit *Triops cancriformis* im Seewinkel auftreten, allerdings durchwegs in Regenlacken (EDER & HÖDL 1995a).

Dagegen gelten die beiden im Seewinkel für die „weißen Lacken" typischen Feenkrebse *Branchinecta ferox* und *Branchinecta orientalis* als charakteristische Leitarten alkalischer Sodaseen (ALONSO 1990, BRTEK & THIÉRY 1995, LÖFFLER 1957, 1959, 1993b). Durch gelegentliche Massenvorkommen sind diese Arten, die bei pH-Werten bis 9,98 und bei Leitfähigkeiten zwischen 320 und 10.000 µS cm^{-1} nachgewiesen wurden (METZ & FORRÓ 1989), ein wichtiger Bestandteil des Speiseplans mancher Zugvögel (WINKLER 1980). Die beiden Arten wurden seit KERTESZ (1955) nicht unterschieden und als *Branchinecta ferox-orientalis* geführt, weshalb faunistische und hydrochemische Angaben aus früheren Studien leider nur Hinweischarakter besitzen. Erst PETKOVSKI (1991) klärte den taxonomischen Status der beiden Arten (Abb. 48) sowohl ökologisch als auch morphologisch auf. JUNGWIRTH (1973) untersuchte die Schlüpfrate von *Branchinecta sp.* in Abhängigkeit von der Alkalinität (Hydrogenkarbonat-/Karbonat-Konzentration, vgl. Kap. 5.2) und fand ab 30 mval l^{-1} zunehmende geringere Schlüpfraten (Abb. 49b). Obwohl *Branchinecta* also ein Sodaspezialist und obligatorisch an Salzgewässer gebunden ist, besteht offensichtlich ein negativer Einfluss der Alkalinität bei höheren Konzentrationen des Umgebungswassers (vgl. SCHÖNBRUNNER & EDER 2006). *Branchinecta*-Adulttiere können freilich deutlich höhere Alkalinitäten ertragen. Die unterschiedliche Toleranz gegenüber dem Salzgehalt des Wohngewässers hat durch-

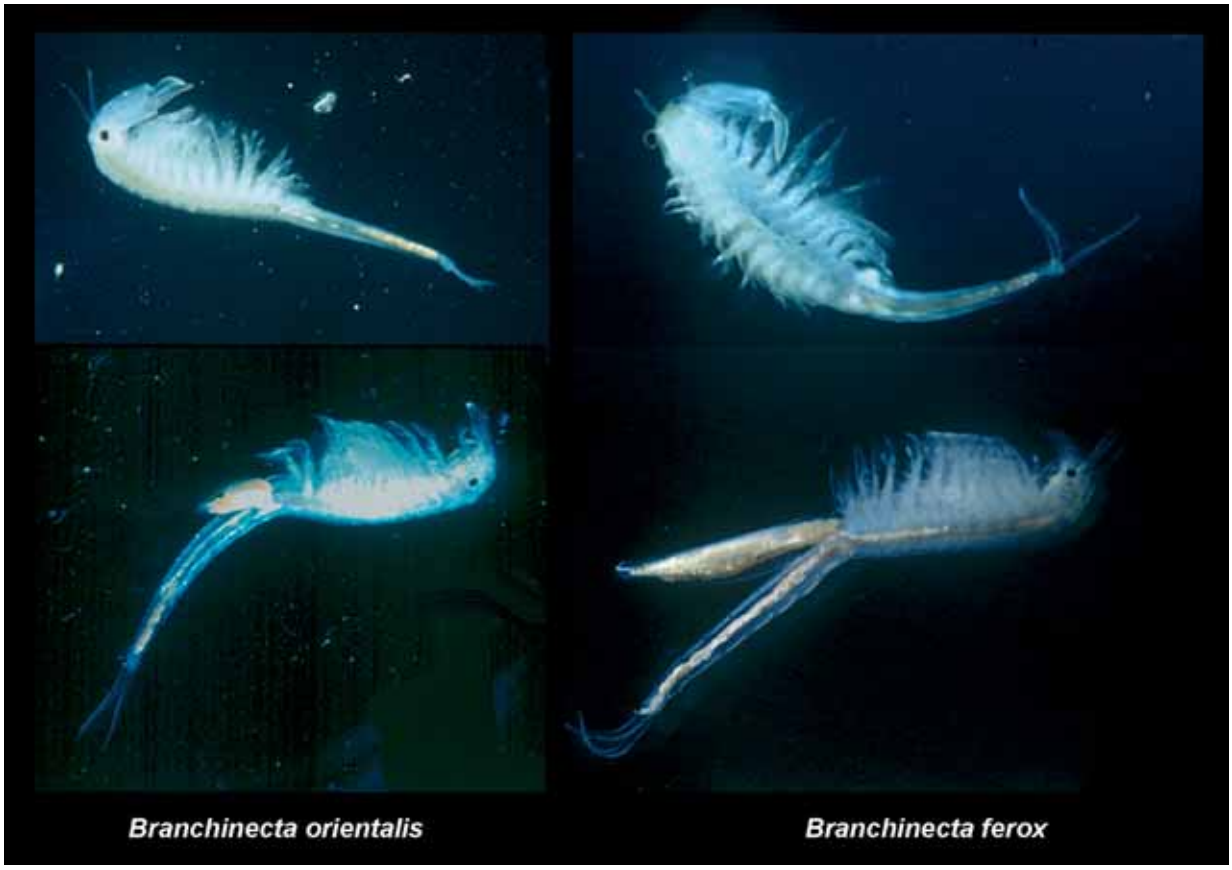


Abb. 48: Leitarten alkalischer Steppenseen: die Anostraken *Branchinecta orientalis* (links) und *Branchinecta ferox* (rechts), oben Männchen, unten Weibchen. Mit etwas Übung sind die beiden Arten gut zu unterscheiden *(Fotos: E. Eder & W. Hödl)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

aus Sinn: Schließlich treten die höchsten Salzkonzentrationen in ihren Wohngewässern nicht zu Beginn der Entwicklung auf (also bei Auffüllen der Lacken durch Niederschlagswasser), sondern gegen Ende, kurz vor Austrocknen der Gewässer.

Gemeinsam mit *Branchinecta orientalis* vorkommend, wurde am 12.04.1995 im Illmitzer Zicksee (bei einer Leitfähigkeit von rund 2.000 µS cm^{-1}) der seltene Anostrake *Chirocephalus carnuntanus* (Abb. 50) wiederentdeckt (EDER & HÖDL 1995b). Möglicherweise galt *Chirocephalus carnuntanus* nur deshalb von 1963–1995 als verschollen, weil er vielfach als *Branchinecta* fehlbestimmt wurde (B. Kohler, mündl. Mitt.). Am „Locus typicus" (jenem Ort, von dem die Art das erste Mal beschrieben wurde) auf der Parndorfer Platte kam der Feenkrebs offenbar in salzarmem Schmelzwasser vor (BRAUER 1877), er dürfte daher ähnlich wie *Triops cancriformis* zu den Generalisten zählen, auch wenn die beiden einzigen aktuell bekannten Vorkommen in Österreich alkalische Salzlacken des Seewinkels sind (EDER et al. 1996).

Gefährdung und Schutz

Wegen ihres geringen Bekanntheitsgrades waren die heimischen Groß-Branchiopoden lange Zeit in den Roten Listen gefährdeter Tiere überhaupt nicht erwähnt. Mittlerweile hat diese Tiergruppe in die Roten Listen von Niederösterreich (HÖDL & EDER 2000) und Kärnten (EDER 1999) Eingang gefunden. Seit kurzem liegt eine österreichweite IUCN-kompatible Einstufung nach ZULKA et al. (2001) vor (EDER & HÖDL 2002). Acht Arten, darunter *Branchinecta ferox*, gelten als vom Aussterben bedroht (CR – Critically Endangered), fünf als stark gefährdet (EN – Endangered), für zwei Arten gilt die Vorwarnstufe (NT – Near Threatened). Eine Art ist in Österreich seit 1976 verschollen. Als Hauptursachen der Gefährdung gelten neben der unmittelbaren Habitatzerstörung durch intensivierte Landwirtschaft insbesondere Eingriffe in die natürliche hydrologische Dynamik und – im Fall der salzliebenden Arten – in die Hydrochemie der Lebensräume. Statistisch belegbar ist der Rückgang geeigneter *Branchinecta orientalis*-Habitate (EDER & HÖDL 2002). Die „Aussüßung" der Birnbaumlacke beispielsweise bewirkte einen deutlichen

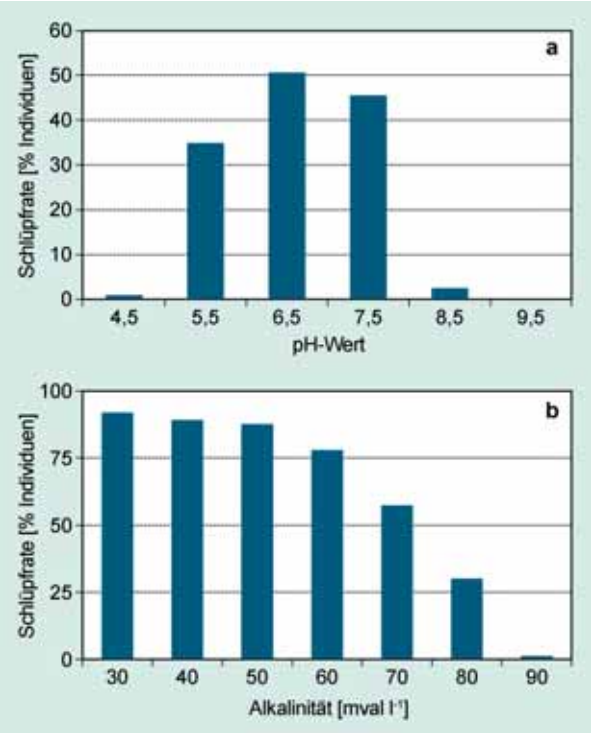


Abb. 49a: Schlüpferfolg von *Triops cancriformis* in Abhängigkeit vom pH-Wert des Umgebungswassers. Die Prozentwerte wurden aus der Anzahl geschlüpfter Tiere in 14 Tagen (im Versuchsansatz von SCHÖNBRUNNER & EDER 2006) errechnet.
Abb. 49b: Schlüpfrate von *Branchinecta* in Abhängigkeit von der Alkalinität des Umgebungswassers *(Daten: JUNGWIRTH 1973, SCHÖNBRUNNER & EDER 2006, Grafik: G. Wolfram).*

Abb. 50: *Chirocephalus carnuntanus.* Der in Österreich erstbeschriebene Feenkrebs wurde erst 1995 im Seewinkel wiederentdeckt *(Foto: A. Hartl).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Rückgang der dort vorkommenden *Branchinecta*-Populationen (vgl. JUNGWIRTH 1973). Mittlerweile befindet sich ein Großteil der *Branchinecta*-Vorkommen durch den Nationalpark „Neusiedler See – Seewinkel", in dem insgesamt sieben Urzeitkrebs-Arten leben, unter Schutz. Drei heimische Groß-Branchiopoden-Vorkommen sind als Naturdenkmäler geschützt (auf Initiative des Autors und/oder seines Dissertationsbetreuers W. Hödl), weitere Anträge befinden sich in Bearbeitung. Standorte im Nationalpark „Donau-Auen" und im WWF Schutzgebiet „March-Auen" können ebenfalls als gesichert gelten.

6.3.3 Von Würmern und Schnecken

„Würmer" im weitesten Sinne sind in nahezu allen Gewässertypen anzutreffen. Regen- oder Bandwürmer kommen einem vielleicht zuerst in den Sinn, doch sind dies nur zwei von vielen Organismengruppen, die zwar eine gewisse äußere Ähnlichkeit, im Grunde jedoch gänzlich verschiedene Baupläne aufweisen. Eine Tierklasse, deren Vertreter meist nur unter dem Mikroskop zu sehen sind und nur selten mehrere Millimeter groß werden, sind die **Fadenwürmer** (Nematoda). Viele Arten sind als Schmarotzer von Pflanzen oder Tieren bekannt, aber es gibt auch zahlreiche frei lebende Fadenwürmer, sowohl im Meer als auch in Binnengewässern. Sie leben meist im Sediment oder auf Wasserpflanzen und ernähren sich teils räuberisch, teils von kleinsten organischen Partikeln, die sie in ihren Schlund einsaugen.

In den Salzlacken des Seewinkels kommen Fadenwürmer regelmäßig vor. Im Albersee wurden Dichten bis über 18.000 Individuen pro Quadratmeter gefunden. Das Artenspektrum ist leider noch nicht untersucht worden, da die Bestimmung der Tiere schwierig und zeitraubend ist. SCHIEMER (1965, 1978) erwähnt das Vorkommen einer nicht näher bestimmten Art der Gattung *Monhystrella*, die eine Reihe halophiler Formen umfasst (z. B. VRANKEN et al. 1982, EYUALEM & COOMANS 1996). Auch *Monhystera hallensis* soll im Seewinkel vorkommen. Der Name lässt bereits die Lebensraumansprüche dieser Art erahnen, die von Salzstandorten bei Halle beschrieben wurde. In welchen Lacken des Seewinkels die erwähnten Arten vorkommen, erwähnt SCHIEMER (l. c.) leider nicht. Dass die Fadenwürmer aber teilweise sehr hohe Salzgehalte ertragen, steht außer Zweifel. Aus Kanada wurden Nematoden noch bei Salzkonzentrationen von über 100‰ gemeldet (HAMMER 1986), das ist das Dreifache der Meereskonzentration.

Die am höchsten entwickelte Gruppe unter den „Würmern" sind die **Wenigborster** (Oligochaeta). Zu ihnen zählt der Regenwurm als prominentester Vertreter. Während dieser aber im Erdreich lebt, besiedeln zahlreiche Arten den aquatischen Lebensraum, wo jedoch nur wenige „Regenwurmgröße" erreichen. Die meisten der kleineren Arten sind durchsichtig oder weißlich gefärbt und tragen oft lange Sinnesborsten am Körper. Größere Arten weisen mitunter eine rote Färbung auf, was auf die Anwesenheit von Hämoglobin in ihrer Körperflüssigkeit schließen lässt. Hämoblobin ist auch in den roten Blutkörperchen des Menschen enthalten und unterstützt die Aufnahme von Sauerstoff. Dies lässt bereits darauf schließen, dass viele der roten Wenigborster recht gut an ein Leben im sauerstoffarmen Sediment nährstoffreicher Seen angepasst sind. Sie stecken dort mit dem Kopf nach unten in ihren Schlammröhren, die mehrere Dezimeter tief reichen können. Als Nahrung dient ihnen der nahrhafte Schlamm, den sie gut verdaut am Hinterende, das über die Sedimentoberfläche ins Wasser reicht, wieder abgeben.

In den Salzlacken des Seewinkels wurden bislang 11 Arten von Wenigborstern nachgewiesen. Viele davon sind auch aus anderen Salzgewässern bekannt, so z. B. *Limnodrilus hoffmeisteri* aus mexikanischen Salzseen bis zu einem Salzgehalt von 8,3‰ (ALCOCER et al. 1997), *Nais elinguis* aus der Ostsee und aus westfälischen Salzgewässern bei 5,3‰ (SCHMITZ 1959), vereinzelt sogar bedeutend darüber. Es dürfte sich dabei aber meist um recht tolerante Formen handeln. Richtige Salzspezialisten gibt es unter den Wenigborstern nicht. Im Seewinkel konnte bei vergleichsweise geringen Konzentrationen bereits eine markante Abnahme der Artenzahl festgestellt werden (WOLFRAM et al. 1999). Höhere Dichten wurden jedoch in der Huldenlacke gefunden; sie fungiert als Vorfluter der Kläranlage von St. Andrä (A. Herzig, mündl. Mitt.).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Muscheln (Bivalvia) und aquatische **Schnecken** (Gastropoda) sind mit zahlreichen Süßwasserformen vertreten, in Österreich sind insgesamt über 110 Arten und Unterarten bekannt. Die meisten reagieren recht sensibel auf erhöhte Salzkonzentrationen ihres Wohngewässers. Vereinzelt wurden **Erbsenmuscheln** (Sphaeriidae) aus Binnensalzgewässern beschrieben, niemals jedoch bei höheren Salzgehalten (z. B. TIMMS et al. 1986). Einige **Großmuscheln** wie die Malermuschel *Unio pictorum* kommen auch mit dem schwachen Salzgehalt im Küstenbereich (bis 3‰) zurecht. Unter den im Wasser lebenden Schnecken sind einige Vertreter der **Schlammschnecken** (Lymnaeidae) aus subhalinen Gewässern (Salzgehalt 0,5-3‰) bekannt. *Radix balthica* (Eiförmige Schlammschnecke, syn. *R. ovata*) erträgt kurzfristig sogar 25‰, das entspricht nahezu Meereskonzentration.

Im Seewinkel wurden verschiedene **Schlamm**- und **Tellerschnecken** nachgewiesen, die zumeist in den Wasserpflanzenbeständen der „schwarzen Lacken" anzutreffen sind (LÖFFLER 1959). Im offenen Sediment der Salzlacken wurden von WOLFRAM & GROß-SCHARTNER (2006) regelmäßig *Gyraulus laevis* (Glattes Posthörnchen), vereinzelt auch *Radix peregra* (Gemeine Schlammschnecke) nachgewiesen. Beide Arten traten noch bei Salzgehalten bis über 4‰ auf, mögen sogar auch höhere Salzgehalte ertragen und gehören damit zu den salztoleranteren Arten. Doch wie die Wenigborster können auch die Weichtiere im Seewinkel keine „richtigen" Salzspezialisten vorweisen. Auch die in den salzhältigen Tümpeln bei Zwingendorf gefundenen Arten *Anisus spirorbis* (Gelippte Tellerschnecke) und *Lymnaea truncatula* (Kleine Sumpfschnecke) können bestenfalls als halotolerant bezeichnet werden.

6.3.4 Gliederfüßer im Schlamm und Pflanzenaufwuchs

Muschelkrebse und Wasserasseln

Die meisten an Substrat gebundene Gliedertiere in den Salzlacken des Seewinkels sind in den reich strukturierten Uferbereichen zu finden. Die offenen und „öden" (weil strukturlosen) Schlammflächen bieten für viele Arten einen nur wenig interessanten Lebensraum. Recht häufig finden wir dort jedoch eine dritte Gruppe von Kleinkrebsen: die **Muschelkrebse** (Ostracoda). Sie leben im Gegensatz zu den Wasserflöhen und Hüpferlingen ausschließlich am Sediment oder auf Wasserpflanzen und niemals planktisch. Auf dem Schlamm bewegen sich einige Arten dennoch schwimmend fort, manche können selbst das Freiwasser über kürzere Strecken überbrücken. Ihren Namen haben die Muschelkrebse von den beiden Panzerschalen, die jenen einer Muschel ähneln und in die sie sich zum Schutz vollständig zurückziehen können. Wird ein Tier auf seiner Bahn über den Gewässergrund „gestört", so klappt es die Schalen zusammen und sinkt zu Boden, um erst nach einigen Augenblicken, wenn die Luft wieder rein ist, seine Bahn fortzusetzen.

Unter den über 25 Arten, die aus dem Seewinkel bekannt sind, ist zu allererst *Limnocythere inopinata* hervorzuheben, eine ganz bemerkenswerte Art, die eine Vielzahl verschiedener Habitate vom flachen Seenufer bis zu Kleingewässern, vom Süßwasser bis zu hoch konzentrierten Salzgewässern besiedelt. Es handelt sich also um eine äußerst tolerante Art, die in Europa (ähnlich den Wasserflöhen oder vielen Urzeitkrebsen) zumeist parthenogenetisch lebt. Männchen treten nach LÖFFLER (1957) nur in Nordamerika auf. Von großem Interesse für die Beurteilung der Salztoleranz dieser Art sind jüngste wissenschaftliche Erkenntnisse, wonach es – wie beim Wasserfloh *Daphnia magna* – mehrere, unterschiedlich angepasste Klone dieser Art gibt. Es entwickelt sich stets jener Klon am besten, der gerade die günstigsten Umweltbedingungen vorfindet. So ist der Fortbestand der Art auch bei stark veränderlichen Milieufaktoren gewährleistet. Die höchsten Alkalinitäten, bei denen LÖFFLER (1957) *Limnocythere inopinata* im Seewinkel nachweisen konnte, liegen bei 143 mval l^{-1}. Bei Aufsammlungen im Juli 1998 konnten lebende Tiere noch bei einer Alkalinität von 228 mval l^{-1} gefunden werden; das entspricht einer Leitfähigkeit von > 21.000 µS cm^{-1} (> 22‰ Gesamtsalzgehalt).

Eine Rarität unter den Muschelkrebsen des Seewinkels ist *Hungarocypris madaraszi*. Die Art ist bis Zentralasien verbreitet und erreicht im Seewinkel die westliche Grenze ihres Verbreitungsgebietes (LÖFFLER 1959, 1961). Schließlich verdient *Potamocypris*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

unicaudata besondere Beachtung. Nach LÖFFLER (1959) ist die Art eher aus dem marinen oder Brackwasserbereich bekannt und zeigt in Binnensalzgewässern eine Tendenz zu chloridhältigen Biotopen. Sie reiht sich damit in die kleine Gruppe von Arten ein, die besondere Ansprüche an die chemische Zusammensetzung des Salzwassers stellen.

Als letzte unter den vielen Krebsordnungen verdienen die **Wasserasseln** Erwähnung. Sie sind in der heimischen Fauna mit drei Arten vertreten. Am häufigsten ist die Wasserassel *Asellus aquaticus* anzutreffen, welche auch stark belastete Gewässern in großer Zahl besiedelt. Die Art ernährt sich meist von abgestorbenem Pflanzenmaterial, auch der Schilfgürtel des Neusiedler Sees wird als Lebensraum genutzt. Sie stellt dort sogar eine der wichtigsten Nahrungsquellen für einige Fischarten wie den Aal dar (WAIS 1994). In den Salzlacken ist die Wasserassel ebenfalls vor allem in den randlichen Schilfbereichen zu finden. Lediglich im Darscho und im Albersee konnten vereinzelt Exemplare auch im offenen, vegetationsfreien Sediment gefunden werden. Die Wasserassel zeigt eine ausgeprägte Toleranz gegenüber erhöhten Salzgehalten, die kann somit als salztolerant oder euryhalin bezeichnet werden. In der Literatur werden Vorkommen bis 10‰, kurzfristig sogar bis 25‰ gemeldet. Nachdem die Art jedoch nicht über die Fähigkeit zu hypoosmotischer Regulation verfügt (vgl. Kap. 4.3), scheiden hoch konzentrierte Salzgewässer als Lebensraum aus (vgl. Abb. 20).

Mücken und Fliegen

Die dominierende Tiergruppe im schlammigen Sediment der Salzlacken sind die Larven verschiedener **Zweiflügler**. Viele Vertreter dieser artenreichsten Ordnung unter den Insekten leben in ihren Jugendstadien im Wasser und schlüpfen nach einigen Wochen, um sich als adulte Tiere um die Fortpflanzung zu kümmern. Unter den Zweiflüglern sind einige Familien gut bekannt (und unbeliebt), z. B. die Gelsen, Bremsen und Gnitzen, deren Weibchen Blut saugen müssen, um sich vermehren zu können. Aber auch harmlose Zweiflügler wie Zuckmücken, Schnaken oder Waffenfliegen gehören zu dieser Ordnung.

Die Larven der Zweiflügler sind oft nur einfache „Maden", die im Gegensatz zu den meisten übrigen Insektenlarven keine gegliederten Beine besitzen. Während die stammesgeschichtlich „niederen" Zweiflügler („Mücken") als Larven eine deutlich abgesetzte Kopfkapsel besitzen, ist diese bei den höheren, meist räuberischen Formen (landläufig als „Fliegen" bezeichnet) reduziert. Ja manchmal bleibt vom ganzen Kopf mit all seinen Sinnesanhängen und Mundwerkzeugen nicht mehr als ein Paar scharfer Haken übrig, mit denen die Larven ihre Opfer packen. Die derart reduzierte Morphologie vieler Zweiflüglerlarven ist mit ein Grund für die große Schwierigkeit, mit der der Taxonom bei der Artbestimmung der Tiere zu kämpfen hat.

Aus Salzgewässern ist eine ganze Reihe von Arten aus verschiedenen Familien beschrieben. In extremsten Salzbiotopen mit Salzkonzentrationen von weit über 100‰ bleiben oft nur mehr die Fliegenlarven übrig. Sie können dort extrem hohe Besiedlungsdichten erreichen, was mancherorts auch wirtschaftlich genutzt wurde. Aus mexikanischen Salzgewässern haben bereits die Azteken Salzfliegen als Eiweißquelle gesammelt – und dabei sehr genau zwischen „amoyotl" (Adulttiere), „puxi" (Puppen) und „izcahuitl" (Larven) unterschieden (ALCOCER & ESCOBAR 1993).

Eine der quantitativ und hinsichtlich des Artenreichtums wichtigsten Zweiflüglerfamilien sind die **Zuckmücken** (Chironomidae). Sie sind in Österreich mit rund 550 Arten, weltweit mit mehreren 1.000 Arten vertreten. Dem Aquarienfreund sind die Larven der Gattung *Chironomus*, die bis zu 2–3 cm lang werden können, als „rote Mückenlarven" bekannt. Gerade in dieser Gattung, aber auch in anderen gibt es einige hochspezialisierte Salzformen, die selbst Spritzwassertümpel in der Gezeitenzone besiedeln. Namen wie *Chironomus halophilus*, *Chironomus salinarius* und *Halocladius* geben bereits Auskunft über die „Salzliebe" dieser Arten, die in der Tat als halobiont (ausschließlich in Salzwasser lebend) gelten können. Nach BAYLY (1972) ist *Chironomus salinarius* zu hypoosmotischer Regulation befähigt (vgl. Kap. 4.3), seine Entwicklung ist im Süßwasser gegenüber jener im Salzwasser (bei 20‰) merklich herabgesetzt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Auch der Seewinkel beherbergt zumindest zwei „richtige Salzarten“: *Microchironomus deribae* und *Cricotopus ornatus*. Erstere Art wurde unter anderem auch aus Brackwässern Hollands (VERDONSCHOT et al. 1982) und Salzgewässern im ostafrikanischen Grabenbruch beschrieben (TUDORANCEA et al. 1989). *Cricotopus ornatus* gilt wie die oben angeführten Arten als halobiont und wurde in Gewässern bis über 70 ‰ gefunden (HAMMER et al. 1990). Die Larven der beiden Arten leben im organisch reichen Sediment oder auf Wasserpflanzen und weiden dort mikroskopisch kleine Algen ab. Sie sind jedoch keineswegs die dominierenden Zuckmückenarten der Salzlacken. Meist herrschen tolerante „Allerweltsformen“ vor, die ebenfalls mit den stark schwankenden Umweltbedingungen zurecht kommen und nur bei hohen Konzentrationen zurücktreten. In den nährstoffreichen Lacken wie der Huldenlacke, die als Vorfluter der Kläranlage von Sankt Andrä fungiert, sind die großen roten Mückenlarven der *Chironomus plumosus*-Gruppe charakteristisch.

Die wenigen aus den Salztümpeln bei Zwingendorf nachgewiesenen Zuckmücken geben keinen Aufschluss auf den Salzstandort. Es handelte sich durchwegs um semiterrestrisch lebende Formen, die die temporären Kleinstgewässer vermutlich nicht wegen, sondern trotz des erhöhten Salzgehaltes besiedelten und lediglich eine gewisse Salztoleranz aufweisen.

Zwei weitere Mückenfamilien, die im Seewinkel selbst bei höchsten Konzentrationen anzutreffen sind, sind die **Gnitzen** (Ceratopogonidae) und die **Gelsen** (Culicidae). Im Gegensatz zu den harmlosen Zuckmücken können diese Mücken äußerst lästig fallen, da die Weibchen Blut saugen müssen, damit die befruchteten Eier heranreifen können. In hochkonzentriertem Lackenwasser, das im Sommer 1998 in Fußspuren in der Ochsenbrunnlacke besammelt wurde, konnten Gnitzenlarven noch bei über 70.000 µS cm^{-1} (das entspricht mehr als 50 ‰) gefunden werden. Beide Familien waren auch in den im April 2000 besammelten Glaubersalztümpeln bei Zwingendorf vertreten.

Während die Gnitzenfauna kaum untersucht ist, konnten in den letzten Jahren neue Informationen zu den Steckmücken gesammelt werden. Im Frühjahr besiedelt der halophile *Ochlerotatus dorsalis* in mehreren Generationen oft massenhaft die temporären Gewässer am Rande der Salzlacken. Etwas seltener ist *Ochlerotatus caspius* (Abb. 51) anzutreffen, der beispielsweise in Brackwassertümpeln des Po-Deltas dominierend vorkommt (W. Lechthaler, pers. Mitt.). *Ochlerotatus*-Arten verfolgen übrigens eine interessante und riskant erscheinende Fortpflanzungsstrategie: Die Weibchen legen die Eier nämlich im trockenen Gewässerbett ab – in der Hoffnung auf eine baldige Überflutung des künftigen Lebensraumes für die aquatisch lebenden Larven. *O. dorsalis* und *caspius* sind daher gute Zeiger für astatische Gewässer mit hohem Salzgehalt.

Abb. 51: *Ochlerotatus caspius,* eine wärmeliebende Stechmückenart in temporären Gewässern am Rande der Salzlacken *(Foto: W. Lechthaler).*

Abb. 52: *Culex (Barraudius) modestus* ist im Sommer am Rande von Salzlacken in hohen Abundanzen anzutreffen *(Foto: W. Lechthaler).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Ab Juni tritt in den Salzwassertümpeln im Seewinkel mit *Culex (Barraudius) modestus* eine weitere Art hinzu (Abb. 52). Die Art scheint Gewässer mit leichtem Salzgehalt zu bevorzugen, man findet sie aber in geringeren Individuendichten auch in Augewässern. *C. modestus* erreicht in manchen Tümpeln, beispielsweise in den Seichtwasserzonen im Schilfgürtel und auf Wiesen am Westrand der Langen Lacke, recht hohe Individuendichten (W. Lechthaler, pers. Mitt.).

Unter den höher entwickelten Zweiflüglern sind schließlich die **Waffenfliegen** (Stratiomyiidae), die **Langbeinfliegen** (Dolichopodidae) und die **Salzfliegen** (Ephydridae) hervorzuheben. Hier finden wir schließlich die unbestrittenen Meister unter den Salzspezialisten. Oft tauchen halobionte Vertreter dieser drei Familien erst bei höheren Salzgehalten auf. Dolichopodiden wurden noch bis knapp 90 ‰, Waffenfliegen bis über 100 ‰ und die Salzfliege *Ephydra* sogar bis zu einem Salzgehalt von 250 ‰ gefunden (SCHMITZ 1959, TIMMS et al. 1986). Waffenfliegen sollen auch in den Salzlacken des Seewinkels, vor allem in den anorganisch getrübten und vegetationslosen Gewässern, manchmal in großer Zahl auftreten (LÖFFLER 1959). SAUERZOPF (1959b) erwähnt die Arten *Stratiomyia furcata*, *Odontomyia viridula*, *Nemotelus signatus* und *Hoplodonta viridula*. Die Larven besitzen meist einen teleskopartig verlängerbaren Hinterleib, an dessen Ende sich ein wasserabstoßender Haarsaum befindet. Damit „hängen" die Tiere an der Wasseroberfläche, wo sie Zugang zu Luftsauerstoff haben. Sie sind damit unabhängig von mitunter schlechten Sauerstoffverhältnissen im Wasser selbst.

Die Larven der Salzfliege *Ephydra* besitzen ebenfalls ein morphologisch modifiziertes Hinterende, und zwar zwei lappenartige Fortsätze, mit denen sie sich an Wasserpflanzen festklammern können. Wie bei den Waffenfliegen hat das Vorderende damit einen größeren Bewegungsspielraum, um sich verstärkt der Nahrungsaufnahme zu widmen. Vor allem in den überfluteten Salzwiesen kann man Salzfliegenlarven im Seewinkel sehr zahlreich antreffen.

Lebensraum Wasserpflanzen und Schilf – Eintagsfliegen, Libellen, Käfer und Köcherfliegen

In den Randbereichen der Salzlacken sind die Larven von **Eintagsfliegen** (Ephemeroptera) weit verbreitet. Die adulten Tiere leben sprichwörtlich nur sehr kurz, die Larven oder Nymphen hingegen verbringen bei manchen Arten (z. B. *Ephemera;* BAUERNFEIND & HUMPESCH 2001) mehr als ein Jahr im Wasser, ehe sie sich für die kurze Zeit der Fortpflanzung in die Lüfte schwingen. Der Großteil der Eintagsfliegenlarven besiedelt das Sediment von Fließgewässern. Sie stellen dort in quantitativer Hinsicht eine der wichtigsten Tiergruppen dar. Neben der großen Artenvielfalt in Fließgewässern haben einige Arten auch stehende Gewässer als Lebensraum erobert. Sie graben hier im Ufersand, leben auf Wasserpflanzen oder bewohnen angeschwemmte organische Ansammlungen im Uferbereich (von früheren Wissenschaftlern malerisch als „Gespülse und Geniste" bezeichnet).

Wie bei vielen anderen Tiergruppen können auch die Eintagsfliegen keine wahren Salzspezialisten vorweisen. Einige Arten treten zwar selbst im Brackwasser, beispielsweise im Golf von Finnland, bis zu einem Salzgehalt von 5,5 ‰ (BAGGE et al. 1980) auf. In einer Flussmündung in Norddeutschland wurden Arten der Gattung *Cloëon* selbst bis 19,7 ‰ nachgewiesen (SCHMITZ 1959). Das Vorkommen in diesen Übergangsbereichen zwischen Süß- und Salzwasser deutet jedoch mehr auf eine allgemeine, erhöhte Salztoleranz einiger Arten hin als auf eine Spezialisierung, wie sie uns bei einigen planktischen Kleinkrebsen begegnet ist (siehe Kap. 6.3.1).

Die Arten bzw. Gattungen, die in der Fachliteratur immer wieder aus schwach salzhältigen Brack- oder Binnengewässern berichtet werden, gehören meist den Gattungen *Cloëon* und *Caenis* an. Auch im Seewinkel wurden in einer jüngst durchgeführten Untersuchung von WOLFRAM & GROßSCHARTNER (2006) fünf Arten dieser beiden Gattungen nachgewiesen: *Cloëon dipterum* und *simile* sowie *Caenis luctuosa*, *macrura* und *robusta*, erstere Art noch bis zu einer Leitfähigkeit von 6.150 µS cm^{-1} bzw. 1,1 g l^{-1} Chlorid (WICHARD 1975), das entspricht einer Gesamtsalinität von rund 5 ‰.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Libellen sind jedem Naturfreund als äußerst geschickte Flieger bekannt. Sowohl die adulten Tiere als auch die im Wasser lebenden Larven sind gefräßige Räuber, auf deren Speisekarte selbst Kaulquappen und Jungfische stehen. Die Libellenlarven sind die Hechte unter den Wirbellosen und lauern, meist im Gestrüpp untergetauchter Wasserpflanzen versteckt, regungslos ihrem Opfer auf. Nähert sich ein potenzielles Beutetier, so schnellen die Larven vor und packen es blitzschnell mit ihren zu einer Fangmaske umgebildeten Mundwerkzeugen.

Eine Reihe von Libellenarten toleriert Salzgehalte über einen weiten Bereich und kommt daher auch regelmäßig in brackigen oder niedrig konzentrierten Binnensalzgewässern vor. Die Libellenfauna im Seewinkel ist recht gut bekannt, doch wirkliche Salzspezialisten sind hier nicht zu erwarten. Auch weltweit betrachtet sind nur wenige Arten an hohe Salzkonzentrationen angepasst, so z. B. *Enallagma clausum* (eine nearktische Azurjungfern-Art), die sogar zu hypoosmotischer Regulation befähigt ist (BAYLY 1972) und in kanadischen Seen mit Salzgehalten zwischen 5 und 37 ‰ auftritt (HAMMER 1986).

Der im Seewinkel recht häufige Plattbauch *(Libellula depressa)* wurde andernorts in Gewässern bis 15 ‰ nachgewiesen (BAYLY 1972), doch besiedelt die Art beispielsweise auch die Uferbereiche des nährstoff- und elektrolytarmen Weißensees in Kärnten (unpubl. Daten), ein Beleg für die äußerst hohe Anpassungsfähigkeit des Plattbauchs. Die Libellen der heimischen Salzgewässer sind also wie die Eintagsfliegen großteils euryhalin.

Käfer (Coleoptera) haben im Laufe ihrer Evolution eine ungeheure Artenvielfalt hervorgebracht. Weltweit sind über 400.000 Arten bekannt, sie werden in dieser Hinsicht lediglich von den Zweiflüglern übertroffen. „Wasserkäfer" sind eine taxonomisch heterogene Gruppe (KLAUSNITZER 1996) und umfassen rund 15.000 Arten. In der Anpassung an das Wasserleben sind die einzelnen Vertreter unterschiedlich weit gegangen. Manche Arten verbringen ihr gesamtes Leben vom Ei bis zum adulten Tier im Wasser, die meisten Arten sind jedoch nur bis zum Larvenstadium strikt an Gewässer gebunden. Der größte Teil der Wasserkäfer besiedelt ausschließlich Süßwasser, nur wenige Arten leben im Brackwasser, in maritimen Spritzwassertümpeln oder in binnenländischen Salzgewässern.

Aus den Salzlacken des Seewinkels ist eine Reihe von Wasserkäfern bekannt, davon einige Arten, die als halophil, teilweise sogar als halobiont (also ausschließlich in Salzgewässer lebend) gelten können. Der prominenteste Vertreter ist sicherlich *Berosus spinosus* (Abb. 53), eine Charakterart der halophilen Salzlackengesellschaft (HEBAUER 1994) und eine von sechs Arten dieser Gattung, die aus dem Neusiedler See-Gebiet bekannt sind (SCHÖDL 1991). Vor allem die Larven, die sich durch charakteristische seitliche Körperanhänge auszeichnen, sind in den Salzlacken verbreitet anzutreffen. Im Albersee konnten im Sommer 1997 mehrere 100 Tiere pro Quadratmeter gefunden werden.

Hinsichtlich seiner Toleranz gegenüber hohen Salzgehalten ist *Berosus* ein wahrer Künstler. So wurden Larven der Gattung (vermutlich *spinosus*) im August 1998 in der Lacke südlich des Oberstinkersees bei einer Leitfähigkeit von 26.100 µS cm^{-1}, in der Ochsenbrunnlacke sogar bei 71.800 µS cm^{-1} gefunden. Dies entspricht einer Salinität von rund 80 ‰ – der höchste je in den Salzlacken gemessene

Abb. 53: *Berosus spinosus* ist ein charakteristischer Vertreter der Salzlacken des Seewinkels und kommt hier selbst bei hohen Konzentrationen (mehrere 10.000 µS cm^{-1}) vor. Die Larven zeichnen sich durch auffällige seitliche Anhänge am Hinterleib aus *(Foto: © Wolfgang Lechthaler, 2003).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Wert! Das Gewässer war zu diesem Zeitpunkt nahezu ausgetrocknet. Nur in einigen Fußstapfen, die ein unbekannter Spaziergänger wenige Tage oder Wochen zuvor hinterlassen hatte, waren Wasseransammlungen übrig geblieben. In diesen letzten, extrem konzentrierten Wasserlacken konnte, neben einigen Mückenlarven, nur noch *Berosus* nachgewiesen werden.

Die geographische Verbreitung von *Berosus spinosus* erinnert an einige Arten unter den Kleinkrebsen. So werden als Fundorte unter anderem iranische Sodaseen erwähnt, die uns bereits bei den planktischen Krebsen und Rädertieren begegnet sind. *Berosus spinosus* ist zwar auch in Nord-Europa anzutreffen, sein Verbreitungsgebiet zieht sich dann jedoch vom Seewinkel über SO-Europa bis zum zentralasiatischen Steppengürtel und gleicht damit jenem des Sodaspezialisten *Arctodiaptomus spinosus*.

Die Angaben zu einigen weiteren halophilen bis halobionten Arten sind leider spärlich und mit Unsicherheiten behaftet. LOHSE (1971a, 1971b) bzw. SCHAEFLEIN (1971) geben für die Salzarten *Bidessus nasutus*, *Enochrus caspius*, *Coelambus lautus*, *Coelambus parallelogrammus* und *Helophorus micans* das Neusiedler See- bzw. Seewinkel-Gebiet als Verbreitungsgebiet an. Die letztere Art – ein pontisches Element, das in Ostösterreich den Westrand seines Verbreitungsgebietes erreicht – wurde von MACHURA (1935a, 1935b) im „Anspülicht" des Neusiedler Sees und der Langen Lacke gefunden, lebt nach JÄCH et al. (2002) jedoch überwiegend terrestrisch. Möglicherweise beziehen sich die alten Angaben auf Funde im Uferbereich der Salzlacken, die auch KOCH (1989) als Lebensraum der Art angibt. *Coelambus lautus* wird von manchen Autoren als halobiont bezeichnet, doch ist die Art auch aus Süßwassertümpeln nachgewiesen (JÄCH 1982). Es dürfte sich somit eher um eine salztolerante Art handeln. Auch verschiedene halophile *Ochthebius*-Arten werden von LOHSE (1971b) aus dem Seewinkelgebiet erwähnt. In einer jüngeren Arbeit beschreibt HEBAUER (1994) die Assoziation aquatischer Käfer verschiedener Gesellschaften und nennt als Arten der halophilen Salzlackengesellschaft neun Arten, von denen immerhin sechs auch aus dem Seewinkel beschrieben wurden. Ungeachtet des lückigen Datenmaterials scheinen die Salzlacken doch die Heimat für eine Reihe von Salzspezialisten unter den Wasserkäfern darzustellen. Leider ist über deren Ökologie und Verbreitung im Seewinkel viel zu wenig bekannt. Das Potenzial der Wasserkäfer als Zeiger für die Intaktheit der Salzgewässer sollte jedoch ein Ansporn zu verstärkten wissenschaftlichen Untersuchungen sein.

Auch aus den Salztümpeln bei Zwingendorf konnten im Zuge einer Begehung im April 2000 einige Wasserkäfer nachgewiesen werden, unter anderem die Schwimmkäfer *Agabus undulatus* und *Colymbetes fuscus*. Die Gewässer, aus denen die Tiere gekäschert wurden, wiesen eine Leitfähigkeit von immerhin 11.700 $\mu S\ cm^{-1}$ auf, das entspricht einem Salzgehalt von etwa 8-9 ‰. Die beiden Arten sind jedoch lediglich als tolerant gegenüber erhöhten Salzgehalten einzustufen und keineswegs halophil. HEBAUER (1994) führt beispielsweise *Agabus undulatus* als Charakterart von Altwassergesellschaften an; JÄCH (1982) fand die Art selbst im nährstoffarmen Lunzer Obersee. Beide Arten sind gute Flieger, die öfters ihr Wohngewässer wechseln und bei ungünstigen Bedingungen neue Standorte aufsuchen (M. Jäch, mündl. Mitt.). Ob es auch in den isolierten Glaubersalzgewässern des nördlichen Weinviertels halophile oder sogar halobionte Wasserkäferarten gibt, muss in künftigen Untersuchungen geklärt werden.

Anders als die Wasserkäfer, die oft auch als adulte Tiere vorwiegend im Wasser leben, findet man **Köcherfliegen** nur in ihren Jugendstadien im Wasser. Sie besiedeln Fließgewässer, Seen, Weiher oder temporäre Tümpel. Aus Salzgewässern wurden nur wenige Arten beschrieben.

Ihren Namen haben die Köcherfliegen von einer charakteristischen Lebensweise der Larven. Die meisten Arten bauen im Laufe ihrer Entwicklung einen Köcher aus Sandkörnern oder Pflanzenteilen, der die verschiedensten Formen annehmen kann. Es sind richtige Kunstwerke, oft äußerst regelmäßig aus feinsten Bausteinen zusammengesetzt, mitunter spiralig gewunden, im Querschnitt meist rund, aber auch dreieckig oder quadratisch, oft auch zu bizarren Formen ausgebaut. Auch kleine Schneckenschalen werden manchmal in die Wände eingesponnen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Köcher dienen den Larven als Schutz vor Räubern. Im seichten Wasser am Ufer stehender Gewässer kann man Köcherfliegen oft als kleine, sich bewegende „Pflanzenstäbchen" beobachten, aus denen man erst bei genauer Betrachtung einen kleinen Kopf und die drei Beinpaare am Vorderende herausragen sieht.

Die häufigste Köcherfliegenart in den Salzlacken des Seewinkels ist die räuberische *Oecetis ochracea* (Abb. 54). Im Albersee wurden mehrere 100 Individuen pro Quadratmeter gefunden, und unter insgesamt 21 untersuchten Salzlacken besiedelte die Art 19 Gewässer (WOLFRAM & GROßSCHARTNER 2006). Aus kanadischen Seen wurde die Art bis 22,2‰ Salzgehalt beschrieben (HAMMER et al. 1990) und auch aus dem Seewinkel liegen Nachweise aus Salzlacken mit erstaunlich hoher Leitfähigkeit vor. Die höchste Konzentration einer Lacke, in welcher *Oecetis ochracea* gefunden wurde, betrug fast 20.000 µS cm^{-1} (> 15‰). Zwar besiedelt diese Art auch das Süßwasser (z. B. Litoral großer Seen wie Boden-, Wörther- oder Mondsee), hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber salzhältigen Gewässern dürfte sie jedoch die meisten übrigen heimischen Köcherfliegenarten übertreffen.

Es sind noch einige weitere Köcherfliegenarten aus dem Seewinkel bekannt, z. B. *Limnephilus stigma*, *Oecetis furva*, *Ecnomus tenellus* und *Tricholeiochiton fagesii*. Die Salzkonzentrationen, bei denen diese Arten auftreten, sind jedoch meist gering. *Ecnomus tenellus* ist die häufigste Trichopterenart im Schilf- und Steinaufwuchs des Neusiedler Sees, während *Tricholeiochiton fagesii* vorwiegend auf untergetauchten Wasserpflanzen wie dem Wasserschlauch *(Utricularia vulgaris)* im Schilfgürtel des Sees zu finden ist.

Abb. 54: *Oecetis ochracea* kommt vor allem im Litoral von Seen vor. In den Salzlacken des Seewinkels gehört sie zu den häufigsten Köcherfliegenarten, was auf eine gewisse Toleranz gegenüber erhöhten Salzgehalten hinweist *(Foto: G. Wolfram)*.

Aus den Salztümpeln bei Zwingendorf konnten im Rahmen einer einmaligen Aufnahme im April 2000 fünf Arten bestimmt werden. Es handelte sich dabei durchwegs um Formen, die an temporäre Gewässer angepasst sind, was angesichts der kurzen Dauer der Wasserführung vieler Tümpel auch notwendig erscheint. Erwähnenswert sind die zahlreich gefundenen Larven von *Limnephilus affinis/incisus*. Eine sichere Zuordnung der Larven zu einer der beiden Arten war leider nicht möglich, doch scheint *L. affinis* aufgrund der ökologischen Ansprüche der Art durchaus plausibel. Es handelt sich dabei um eine der wenigen Köcherfliegen, die hypoosmotisch regulieren, d. h. einen geringen inneren Salzgehalt gegenüber hohen äußeren Konzentrationen aufrechterhalten können (BAYLY 1972).

Wasserwanzen
von Wolfgang Rabitsch

In Österreich sind rund 40 verschiedene Wasserwanzen bekannt, von denen die meisten Arten zu den **Ruderwanzen** (Corixidae) zählen (Abb. 55 auf der nächsten Seite). Diese wegen ihrer Fähigkeit, Laute zu produzieren (Stridulation), auch „Wasserzikaden" genannten Wanzen können in unglaublich dichten Populationen auftreten (z. B. etwa 2.000 Individuen pro Quadratmeter, GLATZ 1976). Regelmäßig sind aber sehr große Populationsschwankungen dieser Arten zu beobachten, die auch damit zusammenhängen, dass diese Insekten ausgezeichnete Flieger sind und weite Strecken überwinden können.

Die Ruderwanzen galten lange als omnivor mit einer gemischten Kost aus Insekten, Detritus und Algen, die mit ihren schaufelartigen Vorderbeinen herbeigestrudelt, mit dem kurzen Stechrüssel angestochen

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 55: Einige Wasserwanzen aus der Familie der Corixidae (hier ein Vertreter der Gattung *Sigara)* sind anhand der auffälligen Zeichnung ihrer Flügeldecken leicht zu erkennen. Sie kommen mitunter massenhaft in den Salzlacken vor, können jedoch – als gute Flieger – bei ungünstigen Umweltbedingungen ihr Wohngewässer wechseln *(Foto: G. Wolfram).*

und dann ausgesaugt werden. Genauere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass sich Ruderwanzen vorwiegend von Zuckmückenlarven (Chironomidae) ernähren und nur gelegentlich pflanzliche Kost zu sich nehmen, zur vollständigen Entwicklung aber jedenfalls tierische Nahrung benötigen (SCUDDER 1976, JANSSON 1986). In salzhältigen Gewässern können Ruderwanzen im Nahrungsnetz als Räuber eine wichtige ökologische (regulative) Rolle übernehmen, aber auch – bei entsprechender Populationsstärke – als wichtiger Teil der Nahrungsgrundlage, z. B. von Watvögeln, wie dem Säbelschnäbler, genutzt werden.

Eine Reihe der bekannteren Wasserwanzen (Schwimmwanze, Wasserskorpion, Stabwanze, Gewöhnlicher Rückenschwimmer, Zwergrückenschwimmer) wird hin und wieder in salzigen Gewässern gefunden. Diese Arten zeigen aber keine ausgeprägte Präferenz für solche Standorte und sind auch bzw. vorwiegend in verschiedenen anderen Stillgewässern anzutreffen. Ähnliches gilt auch für die meisten Vertreter der Ruderwanzen, die in fast allen Lacken im Seewinkel angetroffen werden können. Arten, die ausschließlich an salzbeeinflusste Gewässer gebunden sind, gibt es unter den einheimischen Wasserwanzen aber nicht. Dennoch sind in salzigen Gewässern bestimmte Arten häufiger als andere. KARG (1966) klassifiziert *Cymatia rogenhoferi* als dominantes Element salzhältiger Gewässer in Polen, mit *Sigara lateralis* und *Paracorixa concinna* als Begleitarten. Ebenso zählen *C. rogenhoferi*, *P. concinna*, *S. lateralis* und *S. striata* zu den regelmäßig in den Lacken des Seewinkels anzutreffenden Arten, die aber alle auch in „normalen" Gewässern vorkommen (z. B. MELBER et al. 1991, RABITSCH & ZETTEL 2000).

Von unseren heimischen Arten tolerieren *P. concinna* und *S. lateralis* wahrscheinlich die höchsten Salzkonzentrationen (bis zu 20‰). Noch höhere Konzentrationen (bis zu 30‰) erträgt die bisher nur auf der ungarischen Seite des Neusiedler Sees (Hanság) gefundene *Sigara stagnalis* (nach SCUDDER 1976). Die weltweit höchsten Salzkonzentrationen erträgt die in Nordamerika vorkommende *Trichocorixa reticulata*, die sich in Salzteichen der Bucht von San Francisco bei mittleren Salinitäten von 94‰ (Spitzenwert 153‰!) noch fortpflanzen kann, wobei die Toleranz der Eier gegenüber der Salzkonzentration und weniger die der Erwachsenen über das Vorkommen in Salzgewässern entscheidet (SCUDDER 1976).

6.3.5 Das Leben in Salzseen – eine Vielfalt mit Einschränkungen

Von Einzellern bis zu den Insekten – die Welt der aquatischen Wirbellosen umfasst eine verwirrende Vielfalt an Lebensformen. Wie wir gesehen haben, ist jedoch die Zahl der Arten, die in Salzgewässern anzutreffen oder sogar auf diese beschränkt sind, nicht allzu groß. Als Grundmuster kann man daher vielfach eine Abnahme der Artenvielfalt mit zunehmendem Salzgehalt beobachten (z. B. GREEN 1993).

Nach ihren Ansprüchen in Hinblick auf den Salzgehalt (vgl. dazu Kap. 3) lassen sich folgende Gruppen zusammenfassen:

1. **Süßwasserbewohner**, die auch Gewässer mit geringem Salzgehalt meiden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

2. **Schwach salztolerante** Arten, die höchstens in subsaline Gewässer, also solche mit einem Salzgehalt bis etwa 3‰, vordringen. Beispiele: *Lymnaea stagnalis* (Schlammschnecke), *Agabus undulatus* (Schwimmkäfer), *Tricholeichiton fagesii* (Köcherfliege), *Chironomus* gr. *plumosus* (Zuckmücke).
3. **Salztolerante** (euryhaline) Arten, die auch in Gewässer mit hohen Salzgehalten (bis über 20‰) vordringen, jedoch nicht auf Salzgewässer beschränkt sind. Beispiele: *Limnodrilus hoffmeisteri* und *Nais elinguis* (Wenigborster), *Hirudo medicinalis* (Blutegel), *Triops cancriformis* (Rückenschaler), *Daphnia magna* und *Daphnia atkinsoni* (Blattfußkrebse), *Acanthocyclops bacillifer*, *Megacyclops viridis* und *Diacyclops bisetosus* (Ruderfußkrebse), *Limnocythere inopinata* (Muschelkrebs), *Asellus aquaticus* (Wasserassel), *Cloëon dipterum* (Eintagsfliege), *Paracorixa concinna* und *Sigara lateralis* (Wasserwanzen), *Oecetis ochracea* (Köcherfliege).
4. **Salzliebende** (halophile bis halobionte) Arten, die den Schwerpunkt ihres Vorkommens in Salzgewässern haben oder ausschließlich dort vorkommen. Als „wahllos halophil" können *Brachionus plicatilis* (Rädertier), *Berosus spinosus* und *Bidessus nasutus* (Wasserkäfer), *Cricotopus ornatus* und *Microchironomus deribae* (Zuckmücken) oder die Salzfliege *Ephydra* sp. gelten. Manche Arten scheinen Chloridgewässer zu bevorzugen, so z. B. *Lecane lamellata* (Rädertier) oder *Potamocypris unicaudata* (Muschelkrebs). Ausgesprochene Sodaspezialisten, die also Salzgewässer mit Hydrogenkarbonat/Karbonat als dominantem Anion bevorzugen, sind *Brachionus novae-zealandiae* var. *hungaricus* und *Hexarthra jenkinae* (Rädertiere), *Moina brachiata* (Blattfußkrebs), *Arctodiaptomus spinosus* (Ruderfußkrebs) sowie *Branchinecta ferox* und *Branchinecta orientalis* (Feenkrebse).

Betrachtet man das breite Spektrum an Wirbellosen, die die Salzlacken des Seewinkels besiedeln, so muss man feststellen, dass es offensichtlich nur wenige wirkliche Salz-Spezialisten gibt. Der Großteil der Fauna setzt sich aus toleranten Formen zusammen, die auch in Süßwasser gedeihen. Daneben gibt es aber doch zumindest einige interessante Arten, die vor allem oder ausschließlich in Sodagewässern auftreten. „Chloridspezialisten" und Arten, die zumindest eine gewisse Tendenz zu Gewässern mit erhöhten Chloridgehalten aufweisen, spielen in den Salzlacken des Seewinkels eine untergeordnete Rolle. Leider verfügen wir bei den meisten Tiergruppen nicht über solch detaillierte Informationen. Der Forschungsbedarf zu Klärung offener Fragen ist groß. Gerade in Hinblick auf den schleichend fortschreitenden Verlust bzw. die Denaturierung vieler Salzgewässer in Österreich ist daher eine hohe Dringlichkeit gegeben, die aquatischen Lebensgemeinschaften näher zu erforschen. Nur mit einem detaillierten Wissen über die Lebensraumansprüche können die Salzlebensräume und die darin lebende organismische Vielfalt geschützt werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7 Die terrestrische Vegetation

7.1 Einleitung

von Ingo Korner

Salzstandorte stellen für Pflanzen eine besondere Herausforderung dar, da die erhöhte Salzkonzentration im Boden für Pflanzen grundsätzlich lebensfeindlich ist und nur durch spezielle Anpassungen ertragen werden kann. Diese extremen Standortbedingungen haben daher zur Entwicklung einer eigenständigen Salzvegetation geführt, die sich aus wenigen, aber hochspezialisierten Arten zusammensetzt, die man Halophyten (Salzpflanzen) nennt. Diese speziellen Anpassungen sind für den Beobachter durch besondere Wuchsformen oder Färbungen der Pflanzen leicht erkennbar (vgl. Kap. 4.1).

Aufgrund der Seltenheit der binnenländischen Salz-Standorte sind in Österreich alle Salzpflanzen in der Roten Liste (NIKLFELD & SCHRATT-EHRENDORFER 1999) mit meist hohen Gefährdungseinstufungen enthalten. Eine dieser Arten, die Salz-Gerste *(Hordeum hystrix)*, welche in Österreich noch bis vor wenigen Jahrzehnten vorkam, ist vermutlich bereits ausgestorben.

7.2 Die Pflanzenwelt rund um den Neusiedler See

von Ingo Korner

Der Schwerpunkt der österreichischen Salzstandorte befindet sich im Umfeld des Neusiedler Sees. Die charakteristische Salzvegetation findet man im Bereich der zahlreichen Sodalacken des Seewinkels und Hanságs, aber auch an einzelnen Uferabschnitten (Seevorgelände) des Neusiedler Sees. Das bedeutendste Vorkommen von Halophyten außerhalb des Seewinkels befindet sich bei Oggau am Westufer des Neusiedler Sees. Am Nordufer hingegen gibt es nur einzelne lokale, eher unbedeutende Vorkommen.

Wanderung durch die Vegetationszonen der Salzlacken

Rund um eine typische Salzlacke ziehen sich optisch auffällige, bandförmige Vegetationszonen, die das Resultat kleinräumig unterschiedlicher Standortbedingungen bezüglich Salzgehalt, Bodenfeuchte und Überschwemmungen sind. Wandert man von den hoch gelegenen Weingärten und Trockenrasen hinab bis zur tiefer gelegenen, oft überschwemmten Salzlacke, so kann man häufig eine typische Abfolge dieser scharf abgegrenzten Vegetationszonen durchschreiten. Ein Abfallen des Geländeniveaus von 10-20 cm bedingt schon deutliche Unterschiede in der Vegetation. Während die hoch gelegenen Standorte trocken und weitgehend frei von Salzeinfluss sind, nehmen gegen den Lackenboden die Bodenfeuchte, der Salzgehalt und die Überschwemmungshäufigkeit zu. Die nachfolgende „virtuelle Wanderung" entspricht dem Idealbild einer Vegetationszonierung, wie sie an vielen Lacken angetroffen werden kann. Selbstverständlich variiert diese Abfolge im Detail an den verschiedenen Lacken. Kleinräumig lässt sich eine deutliche Vegetationsabfolge auch unabhängig von Lacken im Bereich der zahlreichen Abflussrinnen und Senken beobachten, die die Landschaft im Seewinkel durchziehen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Kleine Rücken mit Trockenrasen

Die höchstgelegenen Geländerücken sind weitgehend frei von Salzeinfluss und tragen relativ sandige, daher besonders trockene Böden, die von einem artenreichen Trockenrasen mit vielen schönen und seltenen pannonischen Florenelementen bewachsen sind. Diese Bestände zählen daher nicht zu den Salzpflanzengesellschaften, treten aber an vielen Stellen (z. B. im Seevorgelände bei der Illmitzer „Hölle") sehr eng verzahnt mit diesen auf. Kleine Sand- und Humusanwehungen innerhalb der Salzfluren werden beispielsweise schon von Trockenrasenarten wie der Zwerg-Schwertlilie *(Iris pumila)*, der Pannonischen Karthäuser-Nelke *(Dianthus pontederae)* oder dem anmutigen hellblauen Österreichischen Lein *(Linum austriacum)* besiedelt. Neuerdings werden die Trockenrasen – wie auch manche Bereiche der Salzsteppe – im Zuge des Nationalpark-Managements wieder wie früher beweidet, um den offenen Landschaftscharakter des Seewinkels zu bewahren. In diesen Fällen treten dann als typische Weidezeiger Disteln wie etwa die Nickende Distel *(Carduus nutans)* und andere dornige Pflanzen wie etwa der lila blühende Dorn-Hauhechel *(Ononis spinosa)* vermehrt auf.

Salzsteppen

Folgt man dem etwas abfallenden Gelände in Richtung Lackenufer, aber auch entlang einer der zahlreichen Senken oder Abzugsrinnen, so gesellen sich zur Trockenvegetation bereits die ersten Salzpflanzen hinzu. Es handelt sich um Übergänge zwischen Trockenrasen und Salzpflanzengesellschaften, die sich optisch kaum von den Trockenrasen unterscheiden. Dennoch beherbergen sie schon eine Reihe von salztoleranten Pflanzenarten, die zwar auch außerhalb des Salzgebietes vorkommen, jedoch regelmäßig in diesen höchst interessanten Übergangslebensräumen („Ökotonen") anzutreffen sind. Typische Beispiele sind etwa der Spargelklee *(Lotus maritimus)*, der Salz-Hornklee *(Lotus tenuis)*, der Herbst-Zahntrost *(Odontites vulgaris)* oder das stattliche Vielblütige Leimkraut *(Silene multiflora)*. Regelmäßig ist hier auch der Salz-Schafschwingel *(Festuca pseudovina)*, ein dichtwüchsiges Gras mit feinen Rollblättern, anzutreffen. Gerade in diesen Übergangsstadien treten gehäuft mehrere Orchideenarten wie das Kleine Knabenkraut *(Orchis morio)*, das Helm-Knabenkraut *(O. militaris)* und die Hummel-Ragwurz *(Ophrys sphegodes)* auf, die einen ansprechenden Frühjahrs-Blühaspekt bilden.

Noch tiefer liegende Bereiche der Salzsteppe zeigen jedoch eindrucksvoll den plötzlich ansteigenden Salzgehalt an. Der schmalblättrige Salz-Wegerich *(Plantago maritima*, Abb. 56) tritt regelmäßig hinzu, besonders deutlich aber stechen die homogenen Bestände des silbrig-grauen Salz-Wermuts *(Artemisia santonicum)* ins Auge, nach dem diese Landschaftselemente auch den Namen „Wermutsteppe" tragen und welche auch typische Solonetz-Böden anzeigen. Besonders schöne und ausgedehnte Wermutsteppen gibt es im östlichen Teil des Seewinkels, im Bereich der Langen Lacke. Mit einigem Glück stößt man

Abb. 56: Salz-Wegerich *(Plantago maritima) (Foto: R. Albert).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

auf das Kampferkraut *(Camphorosma annua)*, eine aus Westasien stammende und vom Aussterben bedrohte Salzsteppenart.

In den tiefsten Geländesenken innerhalb der Salzsteppen findet man oft nur wenige Quadratmeter große Salzpfannen oder auch „Blindzickstellen", in denen der salzführende Horizont (vgl. Kap. 1.3) bloßliegt. Trocknet im Sommer der Boden aus, so kristallisiert in den Pfannen das Salz flächig aus und bildet eine dünne weiße Kruste, die als „Sodaschnee" bezeichnet wird. Diese extremsten und salzreichsten Standorte innerhalb unseres Salzgebietes sind meist völlig vegetationslos oder nur sehr schütter von der Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum,* Abb. 57) besiedelt, deren kahle Blätter blaugrün und ledrig-dick (sukkulent) sind. Die Salz-Kresse, eine aus dem aralo-kaspischen Halophytenzentrum eingewanderte Art, überdauert den Winter mit ihren Knospen knapp unter der Erdoberfläche und treibt jeden Frühling neu aus. Von Mai bis Juni fällt sie durch ihre weithin sichtbaren weißen Blütenstände auf, die ein wesentliches Element des Frühjahrsaspektes der Salzsteppen darstellen. Diese Pflanze leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Bodenbildung. Die für den Seewinkel typischen Winde aus Nordwest verfrachten Sand und organisches Feinmaterial, das durch die *Lepidium*-Horste, insbesondere durch die am Boden ausgebreitet liegenden Sprosse „ausgekämmt" und abgelagert wird. Das einzige österreichische Vorkommen dieser Art befindet sich in den Salzsteppen des Seewinkels.

Uferbereiche der Salzlacken

Wir nähern uns nun jedoch in unserer Wanderung einer typischen Salzlacke. Je näher man zur Uferlinie kommt, umso größer wird die standörtliche Dynamik und umso abwechslungsreicher das Vegetationsmosaik. Hier nimmt der Einfluss des Lackenwasserspiegels zu, der im Jahresverlauf zu kurzen Über-

Abb. 57: Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum) (Foto: I. Korner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

schwemmungen führen kann. Im Uferbereich, wo sich Geländeniveaus von wenigen Zentimetern standörtlich stark auswirken, sind die schmalen bandförmigen Zonen oft in kleinflächigen Flecken aufgelöst.

Noch salzärmere Standorte nahe der Uferlinie werden von lückigen Salzrasen mit dem Salz-Löwenzahn *(Taraxacum bessarabicum)* und der Entferntährigen Segge *(Carex distans)* oder von niederwüchsigen, aber dominanten Beständen des Salz-Wegerichs eingenommen.

Abb. 58: Salzaster *(Aster tripolium) (Foto: R. Albert).*

Abb. 59: Salz-Schuppenmiere *(Spergularia salina) (Foto: I. Korner).*

Röhrichtfreier Überschwemmungsraum

Der Wasserstand der Salzlacken sinkt in der Regel im Sommer und Herbst, sodass große Uferflächen für eine Besiedlung frei werden. Große Flächen dieser nur kurz überschwemmten Uferbereiche werden von den wiesenartigen Zickgrasfluren eingenommen. In sehr niederschlagsreichen Jahren können die Lacken jedoch während des ganzen Jahres überstaut bleiben, sodass es unter Umständen zu einem großflächige Absterben der Zickgrasfluren kommen kann, die an eine allzu lang anhaltende Überschwemmung nicht optimal angepasst sind. Die beiden wichtigsten Pflanzenarten dieser Zickgrasfluren sind der Neusiedlersee-Salzschwaden *(Puccinellia peisonis)*, auch „Zickgras" genannt, sowie die Salz-Aster *(Aster tripolium*, Abb. 58). Es sind gleichzeitig auch gute Beispiele für heimische halophile Pflanzensippen, die maritimer Herkunft sind, sich jedoch durch räumliche Isolation von den Stammsippen am Meeresstrand *(Puccinellia maritima* und Salz-Aster) bereits als eigene Art bzw. Unterart („Subspecies") abdifferenziert haben (Neusiedlersee-Salzschwaden *P. peisonis* bzw. *A. tripolium pannonicus*). Beide Arten sind ausdauernd und eigentlich nur mäßig salztolerant, sodass sie eher auf die äußeren, salzärmeren Bereiche des flachen Strandes von Salzlacken beschränkt bleiben. Von beiden Arten ist bekannt, dass sie als konkurrenzschwache Arten die offenen Flächen der Salzstandorte zur Entwicklung benötigen, nicht aber das Bodensalz selbst. Der Salzschwaden blüht im Frühjahr und ist an seinen eingerollten Blättern und ausgebreiteten Rispen gut erkennbar. Die Rollblätter sorgen für einen sparsamen Wasserumsatz und damit für eine nur mäßige passive Salzeinschwemmung. Wie die meisten Astern hat unsere Salz-Aster dagegen erst im Herbst ihr Entwicklungsoptimum und überzieht dann die Lackenränder mit einem lila Blütenteppich. Gegen Versalzung wehrt sie sich durch Sukkulentwerden ihrer Blätter und Blattwurf. Als weitere Arten der Zickgraswiesen findet man gelegentlich noch die Flügel-Schuppenmiere *(Spergularia maritima)* und – etwas seltener – die nah verwandte Salz-Schuppenmiere (*S. salina*, Abb. 59), zwei Nelkengewächse mit kleinen, länglichen und stark sukkulenten Blättchen und hübschen kleinen lila Blüten. Ansonsten begegnen uns hier immer wieder auch Arten der angrenzenden Standortkomplexe (siehe unten).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Salzlackengesellschaften

Mit zunehmendem Salzgehalt gegen das Zentrum der Salzlacken löst sich die geschlossene „Salzwiese“ rasch auf, und die Abstände zwischen den kümmernden Pionierexemplaren vergrößern sich. Dafür findet eine der charakteristischen Halophytenarten, die Strand-Salzmelde (*Suaeda maritima*, Abb. 60 & 61) gerade hier optimale Lebensbedingungen. Die völlig kahle Pflanze hat am Boden hingestreckte, zum Teil aber auch sparrig abstehende Äste, die kleine, längliche und stark sukkulente Blätter tragen. Wie schon ihr Name andeutet, liegt ihr Hauptverbreitungsgebiet an den europäischen Meeresküsten. Als einjährige, salzspeichernde und entsprechend sehr salztolerante Pflanze nutzt sie das kurze Zeitfenster, das vom Sommer bis zum Spätherbst zur Verfügung steht. Im Herbst überzieht die durch den Farbstoff Betalain knallrot gefärbte Salzmelde weite Bereiche der Salzlacken wie mit einem roten Teppich. Im Spätherbst füllen sich die Lacken wieder mit Wasser, aber zu diesem Zeitpunkt hat die Salzmelde ihren Entwicklungszyklus mit der Samenreifung längst abgeschlossen. Die Samen können im Schlick der Lacke auch mehrere Jahre bis Jahrzehnte überdauern.

Abb. 61: Detailaufnahme der Strand-Salzmelde *(Suaeda maritima) (Foto: R. Albert).*

Abb. 60: Strand-Salzmelde *(Suaeda maritima) (Foto: I. Korner).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

In manchen Bereichen, insbesondere am Illmitzer Kirchsee, taucht neben der Salzmelde eine weitere höchst auffällige Salzpflanze auf, die im Herbst ebenfalls knallrot gefärbt ist: Es ist das gleichfalls der Gänsefußfamilie angehörende einjährige Glasschmalz oder Queller (*Salicornia prostrata*, Abb. 62 & 63), eine extreme Lebensform innerhalb dieser Familie: Blätter fehlen gänzlich, an ihrer Stelle übernehmen die rundlichen, sukkulenten („fleischigen") und verzweigten Stämmchen die Aufgabe der Photosynthese. Nächst verwandte Sippen dieser bei uns nicht allzu häufigen Art bedecken als „Quellerfluren" die ausgedehnten Schlickbereiche an allen europäischen Meeresküsten.

Abb. 62: Detailaufnahme des Glasschmalz oder Queller *(Salicornia prostrata) (Foto: R. Albert)*.

Abb. 63: Wie *Suaeda maritima* überzieht auch das Glasschmalz oder der Queller *(Salicornia prostrata)* den trockenen Lackenboden (hier der Albersee) wie ein roter Teppich *(Foto: G. Wolfram)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Das Zentrum der Salzlacken schließlich ist der Lebensraum einer der interessantesten Salzpflanzen-Arten, des Niedrigen Dorngrases (*Crypsis aculeata*, Abb. 64). Es ist mediterran-östlicher Herkunft. Ihr Zeitfenster, in dem sie als ebenfalls einjährige Pflanze ihren Entwicklungszyklus durchlaufen muss, engt sich in feuchten Jahren oft bis auf wenige Wochen ein: Erst nach Austrocknung der Lackenzentren, gelegentlich erst im Spätsommer, beginnen die zahlreichen Samen zu keimen, und rasch entfaltet sich ein Reinbestand dieses niederliegenden Grases mit kurzen sparrigen Blättern (Name!), das seine Photosynthese nach dem Muster der so genannten C_4-Pflanzen betreibt, wie dies für zahlreiche Gräser und Gänsefußgewächse aus Halbwüsten und Wüstengebieten bekannt ist. Dieser spezielle Stoffwechseltypus ist dadurch charakterisiert, dass zur Aufnahme einer bestimmten Menge an CO_2 durch die Spaltöffnungen der Blätter viel weniger Wasser abgegeben werden muss als im Normalfall der so genannten C_3-Pflanzen. Obwohl der Bodensalzgehalt nach Austrocknung des Lackenzentrums sehr hohe Werte erreichen kann, vermag sich das Gras gegen Einschwemmung der Salze zur Wehr zu setzen, was wenigstens zum Teil durch das erwähnte Photosynthese-Verhalten erklärbar ist. Der C_4-Stoffwechsel verleiht dem Dorngras aber auch eine sehr effiziente CO_2-Aufnahme, somit also hohe Produktivität und rasches Wachstum – Grundvoraussetzung des Überlebens im engen sommerlichen Zeitfenster!

Abb. 64: Niedriges Dorngras *(Crypsis aculeata) (Foto: R. Albert).*

Dieser für das Pflanzenleben sehr „riskante" Standortkomplex am Lackenboden kann von Jahr zu Jahr eine so unterschiedliche Wasserstandsdynamik aufweisen, dass hier grundsätzlich nur einjährige Pflanzen gedeihen können. Die Samen dieser Pflanzen überdauern im Schlamm so lange in „Warteposition", bis günstige Temperatur- und Feuchteverhältnisse auftreten. Im Regelfall kommt es erst im Sommer nach dem Zurückweichen des Wassers zur Keimung und zur kontinuierlichen Besiedlung riesiger Flächen, wobei die Pflanzendecke oft nur eine Höhe von 10 cm erreicht. Einjährige sind ganz allgemein außerordentlich flexibel: Geht es ihnen gut, bilden sie mächtige, im Falle der Salzmelde bis zu 30 cm hohe vielästige und langblättrige Exemplare; bei extremem Bodensalzgehalt und Wassermangel erreichen sie eine Größe von nur wenigen Zentimetern und können ihren Entwicklungszyklus in kurzer Zeit durch Notreife abschließen. So ist garantiert, dass auch in einer Abfolge von ungünstigen Jahren die Samenbank im Substrat laufend ergänzt wird. Es gibt aber immer wieder auch extrem niederschlagsreiche Jahre, in denen die Lacken überhaupt nicht austrocknen, sodass die Samen gar nicht zur Keimung gelangen können. Aber auch umgekehrte Klima-Extreme können sich ereignen: Trocknet die Lacke bereits im zeitigen Frühjahr aus, wenn die tiefen Temperaturen bzw. die geringe Tageslänge (die neben Temperatur und Feuchtigkeit das Keimungsverhalten von Pflanzen maßgeblich mitsteuert!) für eine Keimung noch nicht ausreichen, so müssen die Samen ein weiteres Jahr auf optimale Keimungsbedingungen warten. Erfolgt das Austrocknen der Lacke infolge von Hitzeperioden und Niederschlagsar-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

mut im Sommer zu rasch, so kommt es zwar oft zur Keimung, aber die Pflanzen vertrocknen, ohne dass es zur Samenreifung kommt. Die Salzlackengesellschaften zählen somit zu den dynamischsten und höchst spezialisierten heimischen Pflanzengesellschaften.

Nährstoffreiche Spülsäume

Wir kehren jetzt aus den salzwüstenhaften Zentren der Lacken wieder in den Lackenrand zurück. Eine Besonderheit stellen hier die nährstoffreichen (ruderalen) Spülsäume dar. Von den Wellen werden tote Schilfstängel, Gänsekot, Algenwatten und andere nährstoffreiche organische Abfälle an der Uferlinie angeschwemmt. An solchen Stellen treffen wir regelmäßig halophile Vertreter aus der Familie der Gänsefußgewächse, die ja weltweit die prominenteste Halophytenfamilie darstellt: Etwa den Dickblatt-Gänsefuß *(Chenopodium chenopodioides)*, den Graugrünen Gänsefuß *(Ch. glaucum)* und den Roten Gänsefuß *(Ch. rubrum)*, die allesamt zu den gefährdeten „Unkräutern" in Österreich zählen. Vor allem die letzte der drei genannten Arten sticht durch ihre typische rote Färbung der Blätter ins Auge. Noch eine weitere charakteristische Vertreterin dieser Familie, die Spieß-Melde, finden wir häufig an den etwas salzärmeren, dafür umso nährstoffreicheren Lackenrändern. Die dreieckigen, spießförmigen Blätter dieser sparrig verzweigten Pflanze sind im Jugendstadium dicht mit winzigen Blasenhaaren bedeckt, die als Salzdrüsen fungieren, und v. a. der Blattunterseite ein weißfilziges Aussehen verleihen (vgl. Kap. 4.1.6). Nimmt der Salzgehalt im Substrat gegen den Lackenrand noch weiter ab, dann kommt an solchen nährstoffreichen Kleinstandorten auch ein schmaler, aber hochwüchsiger Saum mit dem Schmalblatt-Ampfer *(Rumex stenophyllus)* auf, und sehr selten ist auch das stark gefährdete Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* anzutreffen.

Salzsumpfwiesen

Wir stoßen bei unserer Wanderung im Seewinkel immer wieder auf leicht sumpfiges Gelände, welches auch im Sommer feucht bleibt. Hier haben sich die schwach salzhältigen Salzsumpfwiesen ausgebildet, die durch die dominierende Salz-Simse *(Juncus gerardii)* gekennzeichnet sind, einer eher unscheinbaren Binsenart, die zur Blütezeit jedoch durch rote Narben auffällt. Stellenweise tritt der Salz-Dreizack *(Triglochin maritimum)* mit langen schmalen Blättern und dichtblütigen grünlichen Ähren auf, leicht kenntlich am charakteristischen Geruch, der beim Zerreiben der Blattbasen entsteht. Regelmäßig leuchten im Frühsommer die kleinen gelben Blütenköpfchen der Salz-Schwarzwurz *(Scorzonera parviflora)* aus den olivgrünen *Juncus*-Beständen, in denen etwas heller grün gefärbte Flächen das häufige Vorkommen des Kriech-Straußgrases *(Agrostis stolonifera)* anzeigen. Im Juni findet man in den Salzsumpfwiesen das blühende Sumpf-Knabenkraut *(Orchis palustris)*. Diese wiesenartigen Bestände wurden aber in den letzten Jahrzehnten verstärkt von Schilfbeständen verdrängt. Die Nationalparkverwaltung versucht daher, die Verschilfung durch regelmäßige extensive Beweidung und durch Schnitt zurückzudrängen (KORNER et al. 1997, 2000).

Röhrichte

Dichte, oft 3-4 m hohe Schilfröhrichte, die als Inseln in der Lacke oder am Lackenrand vorkommen, haben in den letzten Jahrzehnten aufgrund des erhöhten Nährstoffeintrages und der fehlenden Nutzung dieser Flächen stark zugenommen, auch wenn das Substrat relativ salzreich ist. Besonders im Überschwemmungsraum der Lacken besiedelt das Schilf *(Phragmites australis)* Bereiche, die früher von Salzrasen oder Zickgrasfluren eingenommen wurden. Vom Lackenrand ausgehend, wachsen oft über 10 m lange oberirdische Ausläufer über den Lackenboden, die sich dann bewurzeln und neue Schilfbestände bilden. Diese Ausbreitungsstrategie ermöglicht es neue, auch relativ salzreiche Standorte zu besiedeln, die zur Keimung von Schilfsamen wenig geeignet sind. Neben reinen Schilfröhrichten werden stark salzhältige Böden im Wellensaum der La-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

cken von artenreicheren Brackwasserröhrichten eingenommen, in denen die Knollen- oder Meerbinse *(Bolboschoenus maritimus)* und die Graue Teichbinse *(Schoenoplectus tabernaemontani)*, auch „Salzbinse" genannt, dominieren (zur Salztoleranz der Meerbinse vgl. Tab. 1 in Kap. 4.2.3).

Die Salzvegetation des Neusiedler See-Gebietes stellt floristisch ein relativ geschlossenes System dar, sie ist im Vergleich zur maritimen Salzflora sehr artenreich (ca. 50 Arten), da eine Kombination von östlichen Arten und maritimen Arten vorliegt. So stellte WENDELBERGER (1950) eine große Ähnlichkeit zwischen der pannonischen und der südrussischen bzw. zentralasiatischen Salzflora fest. Nach seinen vergleichenden Studien enthält die pannonische Salzflora zahlreiche vorderasiatische Elemente, die im Zuge der Etablierung der pannonischen Vegetation während trockener und warmer Perioden aus dem osteuropäischen Raum oder dem Gebiet um den Aralsee und dem Kaspischen Meer eingewandert sind. Es gibt aber eine Reihe von Pflanzensippen, die von den Meeresküsten herstammen, ja sogar (sieht man von der Salz-Kresse ab) quantitativ das Bild der Salzpflanzengesellschaften prägen, so zum Beispiel Strand-Salzmelde, Queller, Salz-Dreizack, Salz-Wegerich, Meerbinse, Salz-Binse und Salzschwaden.

Die Salzstandorte des Seewinkels sind nicht nur floristisch bemerkenswert, sondern wirken sich auch prägend auf das Landschaftsbild aus. Die von den Bodenverhältnissen bedingten *„primären Steppen"* tragen neben der früher intensiven Beweidung wesentlich zur Entstehung einer weitgehend „baumfreien" Landschaft bei (KORNER et al. 2000).

7.3 Salzstandorte im nördlichen Weinviertel um Zwingendorf

von Thomas Holzer

Die bedeutendsten Standorte mit Salzvegetation im Gemeindegebiet von Zwingendorf sind die beiden Teilflächen des Naturschutzgebietes: der „Hintausacker" am nördlichen Ortsrand von Zwingendorf und die so genannte „Saliterwiese" 2 km weiter östlich an der Straße nach Laa a. d. Thaya. Abseits dieser Flächen zeigen sich auf Ackerbrachen und einer Wiese am westlichen Ortsrand Reste einer Halophyten-Vegetation.

Hintausacker

Der Hintausacker grenzt im Süden und Osten an die Ortschaft, im Westen an eine Gärtnerei und im Norden an das Agrarland. Das Gebiet ist fast vollständig von Wegen umschlossen. Teilweise finden sich gepflanzte Hecken an den Rändern. Die Boden- und Feuchteverhältnisse ließen eine ackerbauliche Nutzung nicht zu, auch war der Wert als Grünland gering (ehemalige Nutzung als Gänseweide). Stellenweise wurde Sand entnommen und die Lücken mit Bauschutt wieder verfüllt. Der typische „Hintausacker"-Charakter" (Lage im Übergangsbereich zwischen Ortschaft und Ackerlandschaft) ist nur mehr teilweise wahrnehmbar. Das Naturschutzgebiet ist gekennzeichnet durch ein kleinräumiges Mosaik unterschiedlicher Vegetationsverhältnisse. Zurückzuführen ist dies zum einen auf unterschiedliche Standortbedingungen (Feuchte- und Nährstoffverhältnisse, erstere hervorgerufen durch relativ geringe Niveauunterschiede) und zum anderen auf historische und aktuelle Nutzungs- und Pflegeeingriffe.

An zwei Stellen befinden sich kleine Tümpel und Teiche, die teilweise im Laufe des Sommers austrocknen. Die Gewässer sind seicht und nährstoffreich mit schlammigen Ufern. Während die beiden Teiche im Nordosten des Gebietes von einem Schilfbestand umgeben sind, zeigt sich im Südosten eine Verlandungsvegetation mit dominanter Meerbinse *(Bolboschoenus maritimus)*, die auch für die Sodalacken des Seewinkels typisch ist. Die Gewässer wurden ursprünglich als Eisteiche, Tränken und Badestellen genutzt (Haider, Dorfmuseum Zwingendorf, mündl. Mitt.).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

In den tief gelegenen Partien mit nur temporärer Überstauung herrscht offener Boden mit geringer Deckung der Krautschicht vor. Während der Sommermonate sind ausgeprägte Salzausblühungen zu erkennen. Hier kommen größere Bestände des Strandmilchkrauts *(Glaux maritima)* vor, das innerhalb Österreichs in Zwingendorf sein einziges Vorkommen hat. Wie sich im Rahmen der bisherigen Pflegemaßnahmen gezeigt hat, reagiert das Strandmilchkraut sehr tolerant auf Eingriffe, bei denen wieder offene Stellen geschaffen werden, ja die Art wird sogar gefördert. Häufig zeigt sich ferner das Gänse-Fingerkraut *(Potentilla anserina)* und junges Schilf. Weitere Arten wie beispielsweise der Salz-Hornklee *(Lotus tenuis)* oder der Salz-Wegerich (*Plantago maritima)* treten nur vereinzelt auf. Diese Teilbereiche sind im Frühjahr in der Regel längere Zeit überstaut und trocknen in durchschnittlichen Jahren im Laufe des Juni aus.

Im Niveau nur einige Zentimeter bis wenige Dezimeter höher liegend schließen daran Salzwiesen mit kleinräumig unterschiedlichen Standortverhältnissen von feucht bis wechselfeucht an. Die Krautschicht weist hier eine deutlich höhere Deckung auf, die Böden sind nur mehr in Extremjahren überstaut und die Vegetation ist artenreicher. Die Salz-Aster (*Aster tripolium* subsp. *pannonicus*) entwickelt ausgedehnte Bestände und bestimmt im Spätsommer und Frühherbst den hellblauen Blühaspekt der Salzwiesen. Sofern noch genügend offener Boden vorhanden ist, findet sich nicht selten auch das Strandmilchkraut.

Zu den häufigen Halophyten unter den Leguminosen zählen der Spargelklee *(Lotus maritimus)*, der Salz-Hornklee *(Lotus tenuis)* und der Salz-Steinklee *(Melilotus dentatus)*. Regelmäßig treten daneben noch Entferntährige Segge *(Carex distans),* Herbst-Zahntrost *(Odontítes vulgari)*, Kleines Tausendguldenkraut *(Centaurium pulchellum)* und Salz-Wegerich *(Plantago maritima)* auf. Flügel-Schuppenmiere (*Spergularia maritima)*, Erdbeer-Klee *(Trifolium fragiferum)* und Hain-Segge *(Carex otrubae)* sind bereits selten geworden und nur mehr in wenigen Exemplaren zu finden. Zu den weiteren Besonderheiten der Salzwiesen zählt der Echte Eibisch *(Althaea officinalis)*, dessen Vorkommen vermutlich autochthon ist. Die feuchten bis wechselfeuchten Salzwiesen werden als einschürige Wiesen mit Mahdterminen zwischen Ende Mai und Anfang Juli genutzt.

Saliterwiese

Die Saliterwiese grenzt im Norden an die Straße Zwingendorf – Laa an der Thaya, im Westen an einen Windschutzstreifen sowie im Süden und Osten an Äcker bzw. Brachen. Das ausgeprägte, anthropogene Kleinrelief zeugt von ehemaligen Drainagierungs- und Umbruchversuchen. Die Flächen liegen seit mehreren Jahrzehnten brach, eine Bewirtschaftung oder Pflege findet aktuell nicht statt.

Ein Großteil der Fläche wird von einem vergleichsweise einförmigen, stark verfilzten Rasen mit Furchen-Schwingel *(Festuca rupicola)* und Salz-Schwingel *(F. pseudovina)* eingenommen. Begleitend finden sich etliche Arten von Halbtrockenrasen wie etwa Grauscheiden-Federgras *(Stipa joannis)*, Steppen-Thymian (*Thymus pannonicus* agg.), Ähren-Blauweiderich (*Pseudolysimachion spicatum* agg.) und Knollen-Mädesüß *(Filipendula vulgaris)*.

Die Salzvegetation bleibt (mit Ausnahme des Salz-Schwingels) auf nur wenige Stellen im Naturschutzgebiet beschränkt. Am östlichen Ufer eines vor einigen Jahren von der Jägerschaft gebaggerten Teiches finden sich sehr kleinflächig offene Bodenstellen mit Salzausblühungen und wenigen Salz ertragenden Pflanzen wie Salz-Hornklee *(Lotus tenuis),* Spargelklee *(Lotus maritimus)*, Meerstrand-Wegerich *(Plantago maritima)* und Acker-Gänsedistel *(Sonchus arvensis)*. In kleineren feuchten bis nassen Gräben und Senken treten Salz-Simse *(Juncus gerardii)*, Platthalm-Simse *(Juncus compressus)* und Wiesen-Alant *(Inula britannica)* auf. Die Vorkommen der Nickenden Segge *(Carex melanostachya)* und der Kurzkopf-Kratzdistel *(Cirsium brachycephalum)* umfassen nur wenige Exemplare.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7.4 Ein Blick über die Grenze – Tschechische Salzstandorte und ihre Vegetation

von Jiři Danihelka

Die Salzstandorte Südmährens waren noch vor hundert Jahren in enger räumlicher Verbindung mit den niederösterreichischen Vorkommen. Sie zeichneten sich auch durch eine sehr ähnliche Vegetation aus. Ihre Verbreitung liefert einen deutlichen Hinweis darauf, dass die südmährischen Niederungen den nordwestlichsten Ausläufer des pannonischen Raumes darstellen. Als weitere Gemeinsamkeit teilen die südmährischen Salzbiotope leider das traurige Los der niederösterreichischen Fundorte. So musste JENÍK (1977) das 1973 erschienene Buch „Die Pflanzengesellschaften der Halophyten- und Subhalophytenvegetation der Tschechoslowakei" (VICHEREK 1973) als „*Trauerfeier für die halophile Vegetation der Tschechoslowakei*" bezeichnen.

Verbreitung der Salzstandorte

Die westlichsten Vorkommen lagen bei Znojmo (Znaim), die nördlichsten am Südrand von Brno (Brünn) und bei Slavkov (Austerlitz), zum Osten hin drangen die Halophyten bis zum Dorf Čejč (Tscheitsch) vor. Fast alle Fundorte befanden sich im Einzugsgebiet der Thaya, einige sogar am Rand ihrer Talaue, jedoch nicht direkt im Überschwemmungsbereich. Die artenreichsten Biozönosen waren an flache Täler der angrenzenden Hügelländer und fast abflusslose Senken entlang kleinerer Zuflüsse der Thaya gebunden. Es ist kaum zu glauben, aber noch gegen 1800 gab es in den Gegenden, wo man gegenwärtig nur dem Ackerland begegnet, mehrere Seen mit salzhältigem Wasser, alle einige Dutzend Hektar groß.

Einer davon, der Mönitzer See, befand sich bei Měnín, „*von Brünn einige Meilen nach Osten entfernt*" (HOCHSTETTER 1825). Über seine Flora berichtete Ferdinand Hochstetter, Prediger der evangelischen Gemeinde in Brünn, in der Regensburger Zeitschrift „Flora oder Botanische Zeitung" mit folgenden Worten:

> *„Die Hügel zwischen Telnitz [Telnice] und Mautnitz [Moutnice], welche den großen See, der von dem Dorfe Mönitz seinen Namen führt, von der einen Seite umgrenzen, haben salzige Erdtheile, wie auch die Ufer des Sees nach dieser Seite hin; denn überall umher wittert hier zu Sommers Anfang viel Bittersalz aus dem Boden aus. Daher umgeben den See von dieser Seite verschiedene Salzpflanzen und andere seltenere Gewächse.* Salicornia herbacea *[Glasschmalz],* Chenopodium maritimum *[=* Suaeda maritima*, Strand-Salzmelde], [...]* Plantago maritima *[Salz-Wegerich], [...]* Aster pannonicus *[Salz-Aster],* Scorzonera parviflora *[Salz-Schwarzwurz], [...]* Crypsis aculeata *[Niedriges Dorngras], bisher meines Wissens nur am adriatischen Meere bekannt, [...] umgeben den See. [...] In einem kleinen Gehölze seitwärts vom See, steht eine neue Pflanze für Deutschlands Flora, nämlich* Aster canus *W. et K. [Grau-Aster]".*

Hier wird ein botanisches Paradies beschrieben, von dem man heute nur träumen kann! Nicht weniger verlockend, vor allem für unsere botanischen Zeitgenossen, ist die Beschreibung der Flora der Umgebung von Čejč (p. 523):

> *„Der Weg von Auspitz [Hustopeče] nach Czeiz [Čejč] berührt den See von Kobily [Kobylí], dessen flache Ufer reichlich mit* Salicornia herbacea, Chenopodium maritimum *[...] umgeben sind."*

Einige Zeilen weiter unten wird auch die Existenz einer Mineralquelle erwähnt:

> *„Ein Schwefelbrunnen, welcher in einiger Entfernung von den Hügeln unterhalb des [Tscheitscher] Sees entspringt, hat zur Errichtung einer Bade-Anstalt in dem Wirtshause des Dorfes Czeiz Veranlassung gegeben."*

Nachdem ab 1800 der Anbau der Zuckerrübe eingeführt wurde, war es möglich, auch die salzhältigen Böden – früher waren es wahrscheinlich meist Hutweiden – für den Ackerbau zu nutzen, da die Zucker-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

rübe, deren wild wachsende Verwandte am Meeresstrand vorkommen, auf diesen Böden gut gedeiht. So ist der Tscheitscher See als letzter trockengelegt worden. Überraschenderweise gibt es aus dieser Zeit mehrere Berichte (TKANY 1852, BAYER 1853, WIESNER 1854, KRZISCH 1859), welche die Flora und den Untergang dieser Salzlebensräume beschreiben und uns ein detailliertes Bild liefern.

Die südmährischen Salzstandorte befanden sich an den Ufern der oben beschriebenen Seen, rund um einige Teiche herum, zum Beispiel am Nesyt-Teich (Nimmersattteich) bei Sedlec (Voitelsbrunn), dessen Name auf Wassermangel im trockenwarmen Gebiet hindeutet(!), und in der Nähe von mehreren Mineralquellen, unter anderem bei den Dörfern Šaratice (Scharatitz) und Újezd südöstlich von Brno, bei Sedlec und Čejč. Dank der Tatsache, dass viele Salzpflanzen zugleich auch stickstoffreiche Böden gut vertragen oder sogar beanspruchen, gab es bis vor kurzem viele Fundorte auch direkt in den Dörfern auf ehemaligen Gänseweiden und verschiedenen Brachflächen.

Vegetation

Die Pflanzenwelt der südmährischen Salzstandorte war der Flora der niederösterreichischen Fundorte sehr ähnlich. Ähnlich wie jenseits der Grenze, fehlten auch hier einige so genannte obligate Halophyten der überschwemmten Böden, beispielsweise das Salz-Zypergras *(Cyperus pannonicus)*, die Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* und das Kampferkraut *(Camphorosma annua).* Andererseits kamen hier zahlreiche bedeutende Pflanzenarten vor, die für pannonische Salzhabitate charakteristisch sind, unter anderem das Glasschmalz (*Salicornia prostrata)*, die Strand-Salzmelde *(Suaeda maritima)*, die Salz-Aster *(Aster tripolium* ssp. *pannonicus)*, die Salz-Schwarzwurzel *(Scorzonera parviflora)* sowie die Flügel- (*Spergularia maritima)* und die Salz-Schuppenmiere *(S. salina).* Die meisten genannten Arten kamen in Südmähren an über 15 bis 50 Fundorten vor. Als ungewöhnlich gilt das Vorkommen des Strandmilchkrautes *(Glaux maritima)*, einer Meeresstrandpflanze, die dann erst wieder in kontinentalen Salzbiotopen vorkommt. Von den historisch belegten mehr als zwanzig südmährischen und mehreren niederösterreichischen Vorkommen bleiben heute nur noch zwei: Dobré Pole (mit einigen Hunderten von Pflanzen) und Zwingendorf.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7.5 Salzvegetation bei Baumgarten an der March

von Norbert Sauberer & Ingo Korner

Das Naturschutzgebiet „Baumgarten an der March" zeichnet sich durch ein starkes Kleinrelief aus. Diese Niveauunterschiede im Dezimeter-Bereich bewirken stark wechselnde Umweltbedingungen mit nassen Senken und wechsel-trockenen Kuppen.

Die feuchte bis nasse, tiefer gelegene Alkalisteppe der Senken beherbergt eine Reihe seltener und stark gefährdeter Pflanzenarten, so vor allem die Graue Aster *(Aster canus)*, den Echten Haarstrang *(Peucedanum officinale)*, das Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* und den Salz-Wermut *(Artemisia santonicum)*, deren Erhaltung das Hauptaugenmerk vor Ort gilt. Die Graue Aster, deren Vorkommen schon von NEILREICH (1859) in diesem Gebiet dokumentiert wurde, nimmt in den Senken große Bereiche fast flächendeckend ein.

Sie ist in einer großen Population mit mehreren tausend Exemplaren bzw. Blühtrieben im Naturschutzgebiet derzeit nicht gefährdet. Neben einem kleinen Vorkommen im Naturdenkmal „Salzsteppengebiet Kirchfeld" der Katastralgemeinde Baumgarten hat die Graue Aster in Österreich sonst nur mehr ein kleines nordburgenländisches Vorkommen.

Der Echte Haarstrang ist im Naturschutzgebiet wesentlich seltener und vor allem an beiden Seiten des durch das Naturschutzgebiet verlaufenden Weges anzutreffen. Trotzdem ist es derzeit wahrscheinlich das größte österreichische Vorkommen, wie auch schon WOLFERT (1914) erwähnt hat („Peucedanum officinale *... am häufigsten bei Baumgarten a. d. March*"). Die in Blüte stehenden Exemplare vom Echten Haarstrang wurden am 04.09.1996 auf knapp 260 geschätzt. Ebenso ist auf das stark gefährdete Salz-Hasenohr hinzuweisen. Über dessen Populationsgröße liegt derzeit noch keine Angabe vor.

Die Wermut-Steppe ist aus dem Seewinkel aus vielen Arbeiten bekannt (BOJKO 1932, WENZL 1934, FRANZ et al. 1937, WENDELBERGER 1943, 1950, 1954, WAGNER & WENDELBERGER 1956, KÖLLNER 1983). Auf ein – für Niederösterreich einzigartiges – Vorkommen des Salz-Wermuts bei Baumgarten an der March hat bereits WENDELBERGER (1964) hingewiesen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8 Die semiterrestrische und terrestrische Wirbellosenfauna der heimischen Salzlebensräume

8.1 Tausendfüßler und Asseln

von Klaus Peter Zulka

8.1.1 Einleitung

Unter dem Begriff „Tausendfüßler" fasst man mehrere Gruppen zusammen, deren verwandtschaftliche Beziehung umstritten ist, die allerdings ein Merkmal verbindet: eine stattliche Anzahl an Laufbeinen. Die Zahl Tausend wird zwar von keiner Art erreicht, über hundert Beine haben jedoch auch schon manche einheimische Arten.

Besonders bedeutsam sind die Hundertfüßler (Chilopoda) und die Doppelfüßler (Diplopoda). Während Hundertfüßler mit stattlichen Giftklauen ausgestattet sind und kleine Bodentiere jagen, spielen die walzenförmigen, oft schwarz glänzenden Doppelfüßler eine wichtige Rolle in der Zersetzung der Laubstreu.

Ebenfalls wichtige Streuzersetzer sind die Landasseln (Isopoda terrestria). Sie gehören zu den Krebstieren. Ihre Atmungs- und Ausscheidungssysteme können die aquatische Herkunft nur schwer verleugnen, sie wirken in mancher Hinsicht wie notdürftig für das Landleben nachgerüstet. Die meisten Asseln sind dementsprechend an feuchte Lebensräume gebunden.

Die Beziehung zwischen salzigen Böden und dem Vorkommen dieser Tiergruppen ist wenig untersucht und dementsprechend unklar. BLOWER (1985) bezeichnet die Doppelfüßler *Cylindroiulus latestriatus* und *Thalassiobates littoralis* als halophil. *Cylindroiulus latestriatus* kommt dabei vorwiegend in Küstendünen vor, *Thalassiobates littoralis* in der Brandungszone zwischen Ebbe und Flut. Von den Chilopoden leben *Strigamia maritima* und *Hydroschendyla submarina* im Gezeitenbereich der Meeresküste (LEWIS 1981). Beide Arten erreichen dort wesentlich höhere Populationsdichten als die meisten ihrer Verwandten in weniger extremen Lebensräumen. *Hydroschendyla submarina* lebt in Felsritzen an der Hochflutmarke (EASON 1964) und pflanzt sich dort auch fort. Für die Asseln nennt VANDEL (1960) zwölf halophile Arten, die an der französischen Küste leben; er interpretiert diese Habitatbindung als einen Hinweis auf den marinen Ursprung dieser Krebstiergruppe. Keine dieser Arten scheint allerdings auf Binnenlandsalzstellen vorzukommen.

In der Zwischenkriegszeit studierte Schubart die Tausendfüßlerfauna der norddeutschen Tiefebene und des Baltikums. Nachdem er den Tausendfüßler *Julus scanicus* in großer Anzahl an einer Salzstelle bei Bad Oldesloe fand, vermutete er eine engere Beziehung zwischen dem Auftreten dieser Art und früherem oder heutigem Salzgehalt der Böden (SCHUBART 1926). Eine solche Bindung konnte aber seither nicht eindeutig bestätigt werden. In neueren zusammenfassenden Veröffentlichungen (HOPKIN & READ 1992) wird auf die Salzbindung von Tausendfüßlern kaum Bezug genommen.

8.1.2 Asseln und Tausendfüßler der Seewinkel-Salzlacken

Der Seewinkel mit seinem Mosaik aus vielen verschiedenen trockenen und feuchten, salzigen und weniger salzigen Standorten stellt geradezu ein ideales Freiland-Labor dar, um die Habitatbeziehungen von Arten herauszuarbeiten. Angesichts der eingangs ausgeführten Defizite war es kaum vorhersehbar, von welchen Asseln und Tausendfüßler-Arten die ostösterreichischen Salzstellen besiedelt sein würden. MILASOWSZKY & ZULKA (1994) untersuchten die Uferzonen von 20 Lacken auf Boden-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

arthropoden. Diese Untersuchung erbrachte auch eine große Anzahl von Asseln und Tausendfüßlern. Aus ihrem Vorkommen und ihrer Verteilung lassen sich Rückschlüsse auf die Beziehung zum Faktor Salz ziehen, die im Folgenden geschildert werden. Leider ist über die Tausendfüßler- und Asselfauna der Salzstellen Zwingendorf und Baumgarten derzeit noch überhaupt nichts bekannt.

Rollasseln der Gattung *Armadillidium*

Rollasseln der Gattung *Armadillidium* sind in Form der Art *Armadillidium vulgare* praktisch allgegenwärtig. *Armadillidium vulgare* kann wegen ihres Vermögens, sich zu einer Kugel zusammenzurollen, auch widrige Bedingungen gut überstehen. Die Art ist weltweit verbreitet und in den meisten Lebensräumen anzutreffen.

Andere Kugelasseln der Gattung *Armadillidium* sind demgegenüber wesentlich anspruchsvoller. *Armadillidium zenckeri* ist eine Art, die in Flachmooren und anderen Feuchtgebieten vorkommt und wesentlich mehr Feuchtigkeit braucht als *Armadillidium vulgare*. Herold, der sich in den 1920er Jahren sehr intensiv mit der Ökologie von Landasseln auseinandergesetzt hat, sah in der Art ein boreoalpines Relikt und vermutete, dass das Vorkommen der Art mit dem der Mehlprimel korrelierte (HEROLD 1932). Das mochte in gewissem Umfang für das Exkursionsgebiet dieses Forschers in Ostpreußen zutreffen, ist aber sicher nicht allgemein gültig.

Das Vorkommen von *Armdillidium zenckeri* im Seewinkel wird schon von SCHMÖLZER (1974) mit der Charakterisierung „*im Salzsteppengebiet zw. Podersdorf u. Illmitz*" erwähnt. Untersucht man die Pflanzenmassen im Angespül der Salzlacken, so findet man oft viele Hundert Exemplare dieser Assel. Von besonderem Interesse ist daher die Reaktion dieser Art auf den Faktor Salz, also ob sie die Salzgehalte braucht oder gerade noch tolerieren kann. Außerdem ist interessant, wie ihr Vorkommen von jenem der Art *Armadillidium vulgare* beeinflusst wird. Kommen beide Arten gemeinsam vor oder schließen sich die Vorkommen gegenseitig aus?

In den Uferzonen der Seewinkel-Lacken erweist sich *Armadillidium zenckeri* als die Art mit der größeren Toleranz. Die Art kommt sowohl in den trockenen als auch in den feuchten Bereichen vor, bevorzugt aber im Vergleich mit *Armadillidium vulgare* die feuchteren Standorte (Abb. 65). Hinsichtlich des Faktors Salz ist wohl der Terminus „Toleranz" am treffendsten; die Art ist keineswegs auf Salzhabitate beschränkt, sondern bevorzugt eindeutig Standorte mit geringen Salzgehalten und ist dort am häufigsten, dringt aber auch in hypersaline Lackenzonen vor. Ganz anders verhält sich *Armadillidium vulgare*: Im Wasser- und Salzgradienten (Abb. 65) nehmen ihre Vorkommen eine viel geringere Fläche ein. Die ansonsten hinsichtlich des Lebensraums so wenig wählerische Art meidet die feuchten und stark salzigen Böden fast vollständig. Ein Konkurrenzausschluss hinsichtlich der Faktoren Wasser und Salz ist aus dem Diagramm nicht abzuleiten; *Armadillidium zenckeri* und *Armadillidium vulgare* kommen über weite Bereiche der Gradienten gemeinsam vor.

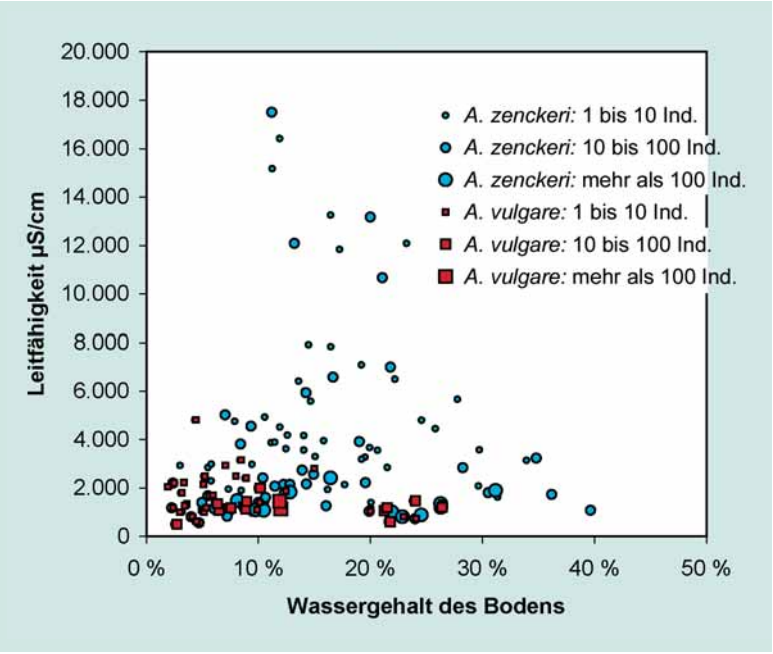


Abb. 65: Vorkommen und Häufigkeit der beiden Asselarten *Armadillidium zenckeri* und *A. vulgare* auf Seewinkel-Lackenufern in Abhängigkeit vom Wasser- und Salzgradienten *(Grafik: K. P. Zulka).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Trachelipus rathkii

Die Assel *Trachelipus rathkii* ist eine der häufigsten Asseln im ostösterreichischen Raum. Sie ist sehr störungstolerant, verträgt Hochwässer und kommt in allen möglichen Lebensräumen vor. Auch mit den Bedingungen der Seewinkel-Salzlackenufer kommt dieser Lebenskünstler offenbar gut zurecht (Tab. 5). Nur ganz salzige Bereiche werden gemieden; verschilfte Ufer und brackige Wiesen sagen der Art offenbar mehr zu als offene Ufer mit Salzausblühungen.

Es gibt also keine halobioten und keine halophilen Asseln (vgl. Kap. 3) im Seewinkel, mit der Rollassel *Armadillidium zenckeri* jedoch eine Art, die sehr gut mit dem Salzboden, dem salzigen Lackenwasser und der offenen Landschaft leben kann. Zu ihr gesellt sich *Trachelipus rathkii,* deren ubiquistisches Potenzial auch vor den inneren Salzlackenzonen nicht kapitulieren muss. Beide Arten nehmen damit eine entscheidende Position im Ökosystem ein, da sie für den Abbau der organischen Substanz im Ufer-Angespül verantwortlich sind.

Doppelfüßler

Im Vergleich zu den Asseln sind die Tausendfüßler weniger erfolgreich, was die Besiedlung salzhältigen Terrains angeht. Der von SCHUBART (1926) als salzgebunden vermutete *Julus scanicus* fehlt im Seewinkel. *Julus terrestris*, eine sehr nahe verwandte Art, kommt jedoch in den Trockenrasen um die Lacken in großer Anzahl vor. *Megaphyllum unilineatum*, ein Charaktertier der pannonischen Steppe (VERHOEFF 1900), ist ebenfalls sehr häufig, meidet aber die Lackenufer vollständig. Der überflutungstolerante *Leptoiulus cibdellus* lebt im Schilf des Unterstinkersees, ist aber allenfalls schwach halotolerant. Insgesamt erwies sich also keine Art als besonders streng an den Salzboden gebunden, auch die Salztoleranz ist bei Diplopoden nur sehr eingeschränkt ausgeprägt.

Tab. 5: Verteilung der Asseln (Isopoda) und Tausendfüßler (Chilo- und Diplopoda) im Seewinkel auf verschiedene Salzlackenufer-Zonen. Fangzahlen in den verschiedenen Lackenzonen. Zone A bedeutet hierbei das Zentrum der Lacke, das im Sommer trockenfällt und manchmal mit *Crypsis* (Dorngras), manchmal mit *Suaeda* (Salzmelde) bewachsen ist. Zone B ist typischerweise als ringförmige *Puccinellia*-(Salzschwaden)-Zone um die Lacken ausgebildet. Diese Zone ist bei hohen Wasserständen im Frühjahr überstaut. Zone C umfasst meistens Trockenrasen, die unmittelbar an die Salzlacke grenzen, manchmal aber auch Salzwiesen, Schilf oder Alkalisteppen *(nach unpublizierten Daten).*

Art	Gruppe	A	B	C	Habitat
Armadillidium zenckeri Brandt, 1833	Isopoda	136	296	3.481	Sumpfwiesen, Feuchtgebiete
Trachelipus rathkii (Brandt, 1833)	Isopoda	35	254	786	Ubiquist
Lamyctes emarginatus (Newport, 1844)	Chilopoda	21	31	36	gestörte Lebensräume, feuchte Äcker, Auen
Armadillidium vulgare (Latreille, 1804)	Isopoda	6	34	965	Ubiquist
Megaphyllum unilineatum (C. L. Koch, 1838)	Diplopoda	3	17	418	Trockenrasen, Halbtrockenrasen
Lithobius muticus C. L. Koch 1847	Chilopoda	2	1	20	Wälder, Trockenrasen
Leptoiulus cibdellus (Chamberlin, 1921)	Diplopoda	1		10	Feuchtgebiete, Auen
Armadillidium sp.	Isopoda			11	
Brachyiulus bagnalli (Brölemann, 1924)	Diplopoda		6	202	Äcker, Brachen
Hyloniscus riparius (C. L. Koch, 1838)	Isopoda			5	Feuchtgebiete, feuchte Wälder, in Holz
Julus terrestris Linnaeus 1758	Diplopoda		9	28	Trockenstandorte (in Ostösterreich)
Lithobius forficatus (Linnaeus,1758)	Chilopoda		1	4	Ubiquist
Lithobius mutabilis L. Koch 1862	Chilopoda		3		Wälder
Lithobius cf. *parietum* Verhoeff 1899	Chilopoda		4		Lösswände
Polydesmus superus (Latzel, 1884)	Diplopoda			2	gestörte Standorte
Porcellium collicola (Verhoeff, 1907)	Isopoda			1	Haine, Gebüsch, Ubiquist

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

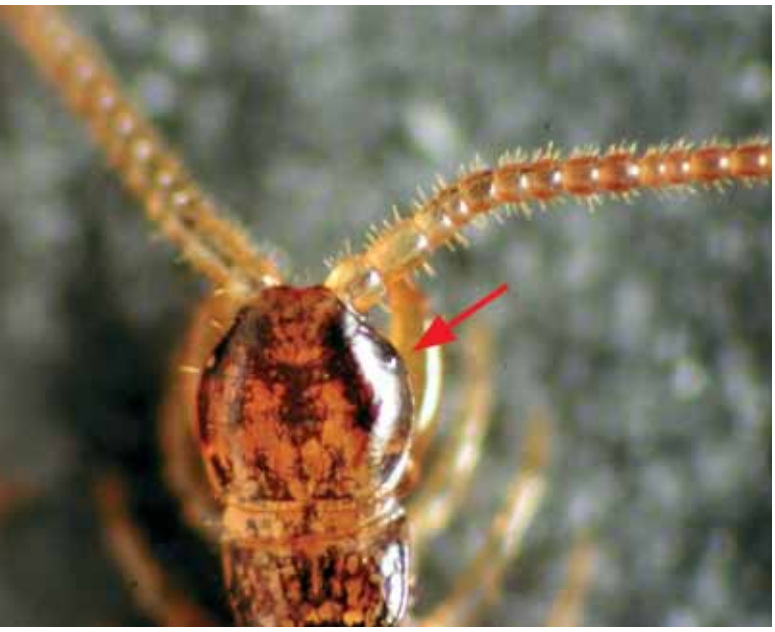


Abb. 66: Der Steinkriecher *Lamyctes emarginatus* ist an dem Einzelocellus (Pfeil, Steinkriecher der Gattung *Lithobius* haben dagegen mehrere Ocellen) leicht zu erkennen *(Foto: K. P. Zulka).*

Hundertfüßler

Während die Doppelfüßler mit den Salzufern wenig anfangen können, ist der Steinkriecher *Lamyctes emarginatus* in der Lage, die trockenfallenden Lackenböden rasch zu besiedeln. Typischerweise haben Steinkriecher eine recht langsame Entwicklung, die sich über Jahre hinziehen kann. Wie ZULKA (1992, 1999) beschrieb, vollzieht sich die Entwicklung von *Lamyctes emarginatus* (Abb. 66) jedoch sehr schnell. Innerhalb von wenigen Wochen ist ein Generationszyklus vollendet. Außerdem pflanzt sich die Art mittels Jungfernzeugung (Parthenogenese) fort, das heißt, es bedarf keiner Männchen und keiner aufwendigen und umständlichen Paarfindungs- und Kopulationsprozedur. Die Weibchen legen einfach Eier, aus denen sich in kurzer Zeit die Jungtiere entwickeln. Überstauung, Frost und Austrocknung überleben die Eier sehr gut. *Lamyctes emarginatus* nutzt somit das zeitliche Fenster im Sommer und Herbst, in dem die Lackenböden trockenfallen, um große Populationen aufzubauen. Die wasserführende Periode im Winter und Frühjahr übersteht die Art dagegen im Eistadium.

Um auf diese Weise leben zu können, ist eine gewisse Salztoleranz erforderlich. *Lamyctes emarginatus* ist aber weder auf das Salz angewiesen, noch kommt er besonders häufig auf Salz vor. Die schnelle Entwicklung und die große Widerstandsfähigkeit der Eier ermöglicht aber die Besiedlung verschiedener Extremlebensräume. Die Art ist mit dieser Strategie bis nach Grönland vorgedrungen (BÖCHER & ENGHOFF 1984, sub *Lamyctes fulvicornis*).

Fazit

Die Salzlacken des Seewinkels sind Lebensraum von Asseln und Tausendfüßlern. Manche Arten dringen dabei weit in salzige Bereiche vor, ohne aber eine besondere Bevorzugung für die Lebensräume erken-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.2 Spinnen

von Norbert Milasowszky

8.2.1 Zur Habitatwahl von Spinnen

Spinnenarten reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen ihrer Umwelt, lassen sich ökologisch gut charakterisieren und gelten daher als ausgezeichnete Bio-Indikatoren. Für das Vorkommen und die Verteilung von Spinnen in ihrem Lebensraum ist neben biotischen Faktoren (Konkurrenz, Feinde, Parasiten, Nahrungsangebot) ein Komplex von abiotischen Faktoren verantwortlich (WISE 1993): Architektur der Vegetation (Höhe, Deckung), Mikroklima (Feuchte, Temperatur, Wind, Licht, Einstrahlung) und Bodenbeschaffenheit (Feuchte, pH-Wert, Korngröße).

Nachweislich beeinflusst der Salzgehalt des Bodens die Zusammensetzung und Struktur der Vegetation, die wiederum auf die Beschattung und damit die Temperatur des Bodens zurückwirkt. In der Gezeitenzone von Meeresküsten sind neben der Struktur der Vegetation besonders die Überstauungsereignisse für die Zusammensetzung von Spinnengemeinschaften verantwortlich (DÖBEL et al. 1990). Salzwiesen der Küsten und zum Teil auch jene des Binnenlandes sind vom Faktor Wasser in verschiedener Weise beeinflusst, entweder durch anstehendes Grundwasser oder durch permanente, periodische oder fakultative Überstauungen mit Oberflächenwasser. Aquatische und terrestrische Phasen wechseln einander ab. Mit dieser graduellen bis abrupten Änderung der ökologischen Bedingungen geht ein dramatischer Wechsel der Pflanzen- und Tierwelt einher. Spinnengemeinschaften von natürlichen Flussufer-Ökosystemen haben nicht zuletzt deshalb zahlreiche Arten mit anthropogen beeinflussten Agroökosystemen gemeinsam, weil es sich bei beiden Ökosystemen um grundsätzlich einfach strukturierte Lebensräume handelt, die wiederkehrenden Störungsereignissen unterworfen sind (LUCZAK 1979).

An Meeresküsten und Binnensalzstellen sind besonders Salzgehalt und Dauer der Überstauung starke Umweltgradienten, entlang derer sich charakteristische Spinnengemeinschaften ausbilden können. Für einige Spinnenarten ist eine Überflutungsresistenz von mehreren Tagen bis sogar Monaten(!) nachgewiesen (HEYDEMANN 1968, BETHGE 1973). An der Meeresküste ist die Mortalität von Spinnen in Lebensräumen innerhalb der Gezeitenzone nachweislich höher als außerhalb (MORSE 1997).

In den Salzwiesen sind es aber auch biotische Faktoren, welche die Häufigkeit von Spinnenarten und die Zusammensetzung der Spinnengemeinschaften beeinflussen (SCHAEFER 1972, POLIS et al. 1998). In Küsten-Salzwiesen sind die Spinnen eine wichtige Räubergruppe unter den terrestrischen Arthropoden, die auch auf andere Räuber, vor allem carnivore Insekten, einen großen Fressdruck ausübt (DAVIS & GRAY 1966). Die wichtigste Nahrungsquelle für Spinnen in den sehr lebensfeindlichen Salzstandorten sind Collembolen (Springschwänze) (VAN WINGERDEN 1973).

8.2.2 Salzspinnen in Europa

Unter den rund 1.000 Spinnenarten, die in Mitteleuropa bekannt sind, gibt es nur wenige Arten, die vornehmlich in Salzwiesen vorkommen. HEYDEMANN (1969) nennt 15 Spinnenarten, die in Küstengebieten eine hohe Biotopbindung an Salzstandorte zeigen: unter anderem *Argenna patula*, *Baryphyma duffeyi*, *Erigone arctica*, *Erigone longipalpis*, *Halorates reprobus*, *Silometopus curtus*, *Enoplognatha mordax*, *Robertus heydemanni*, *Pardosa agrestis purbeckensis* und *Pardosa arenicola*. Generell setzt sich jedoch die Spinnenfauna des Litorals von Binnen- und Küsten-Salzwiesen aus Arten von Sumpfwiesen und Uferzonen des Binnenlands zusammen (HEYDEMANN 1973). Daten über die Spinnenfauna von Binnensalzstellen sind spärlich (z. B. NEMENZ 1958, SCHMIDT 1961, HIEBSCH 1962, ZULKA et al. 1997). NEMENZ (1958) listet 34 meist hygrophile Spinnenarten auf, die sowohl an Binnensalzstellen als auch am Meeresstrand vorkommen. Da alle diese Arten keine ausgesprochene Halophilie zeigen, schlägt SCHMIDT (1961) vor, sie nicht als halophil sondern als halotolerant zu bezeichnen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.2.3 Salzspinnen in Österreich

1. Seewinkel

Aus dem Seewinkel-Gebiet wurden bisher insgesamt 213 Spinnen-Arten nachgewiesen (ZULKA & MILASOWSZKY 1998). Aufgrund einer Untersuchung von 20 Salzlacken im Jahre 1993 (MILASOWSZKY & ZULKA 1994) und einer umfassenden Literaturauswertung kann man für den Seewinkel 10 Arten auflisten, die eine Bindung an Salzstandorte der Küsten und des Binnenlandes zeigen. Damit wird jedoch nicht festgestellt, wie groß der direkte oder indirekte Salzeinfluss eigentlich ist – falls es denn überhaupt einen gibt (vgl. Kap. 3). Die Reihung der nachfolgend beschriebenen Arten im Seewinkel erfolgt nach absteigender Salzpräferenz.

(1) *Araeoncus crassiceps* ist eine seltene Art aus der Familie der Baldachinnetzspinnen (Linyphiidae). Im Seewinkel ist sie jene Spinne mit der deutlichsten Präferenz für Standorte mit sehr hohen Salzgehalten. Die Hauptlebensräume dieser paläarktisch verbreiteten Art sind allerdings Hoch- und Niedermoore (HÄNGGI et al. 1995).

(2) Aus der Familie der Baldachinnetzspinnen ist weiters die seltene *Dactylopisthes digiticeps* zu nennen, die in der Ufervegetation von Sumpfgebieten lebt (WEISS & SCHNEIDER 1996) und nur aus wenigen Gebieten in Frankreich, Österreich, Rumänien und der Ukraine bekannt ist. Als einzige Salzspinne konnte sie im Zuge einer Aufsammlung im Sommer 2000 auch in Zwingendorf gefunden werden.

(3) *Argenna patula* gehört zur Familie Kräuselspinnen (Dictynidae). Ihr Lebensraum sind Salzwiesen, Binnensalzstellen, Seggenrieder, Schilfröhrichte und Feuchtwiesen (REINKE & IRMLER 1994, HÄNGGI et al. 1995); Verbreitungsgebiet ist die Paläarktis (PLATNICK 1997).

(4) *Enoplognatha mordax* stammt aus der Familie der Haubennetzspinnen (Theridiidae). Diese Art kommt vornehmlich in Salzwiesen, auf Sandstränden, Küstendünen, an Binnensalzstellen und im Schilfröhricht vor, wurde aber auch in Getreideäckern gefunden (HÄNGGI et al. 1995, ROBERTS 1995). Ihre Verbreitung beschränkt sich auf Europa (PLATNICK 1997).

(5) Eine weitere Haubennetzspinne ist *Robertus heydemanni*, die sich taxonomisch allerdings nicht klar von *Robertus arundineti* unterscheiden lässt. Manche Autoren nehmen deshalb an, dass es sich bei *R. heydemanni* um einen halophilen Bewohner europäischer Küsten und Binnensalzstellen handelt. Nachweise gibt es auch in Äckern (THALER & STEINER 1975, TOFT 1989). In Europa wurde die Art an der Nordseeküste sowie stellenweise in Schweden, Österreich, Rumänien und Kreta gefunden (WEISS & ANDRIESCU 1989).

(6) Unter den Wolfsspinnen im Seewinkel zeigt *Pardosa cribrata* die höchste Affinität zu den offenen Salzstellen in den Lackenufern. Neben Salzstandorten wurde sie vor allem in Uferbereichen und Feuchtgebieten nachgewiesen (TONGIORGI 1966). Ihr Verbreitungsgebiet reicht von Südeuropa bis nach Algerien (PLATNICK 1997).

(7) *Zelotes mundus* zählt zur Familie Glattbauchspinnen (Gnaphosidae). Diese selten gefundene Spinne ist bisher fast ausschließlich an Binnensalzstellen, auf Äckern und Überschwemmungswiesen (BAUCHHENSS et al. 1997) nachgewiesen worden. Ihre Verbreitung beschränkt sich auf Österreich, Ungarn und Rumänien.

(8) *Silometopus reussi* ist wiederum eine Baldachinnetzspinne, die vornehmlich in offenen, feuchteren Flächen in Küstenbiotopen, Binnensalzstellen, Seggenriedern und Schilfröhrichten gefunden wurde (CASEMIR 1970). Sie kommt aber auch in Magerrasen, Weinbergen, Äckern und Ruderalstandorten vor (HÄNGGI et al. 1995). *S. reussi* ist in der gesamten Paläarktis verbreitet (PLATNICK 1997).

(9) *Prinerigone vagans* ist ebenfalls eine Baldachinnetzspinne. Als Lebensraum bevorzugt diese ebenfalls seltene Art offenes feuchtes Gelände (KNÜLLE 1954, MILLIDGE 1988), wie es in Salzwiesen, feuchten Uferbereichen, Niedermooren, Seggenriedern, Schilfröhricht und frischen Wiesen zu finden ist. Die Art konnte auch in Zwergstrauchheiden und Äckern nachgewiesen werden (HÄNGGI et al. 1995). Ihr Verbreitungsgebiet ist Europa ohne Nordeuropa.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

(10) Eine Bindung an offene Salzflächen im Seewinkel ist auch für die größte einheimische Spinne festzustellen: die Wolfsspinne *Lycosa singoriensis*, die Südrussische Tarantel. Die mit bis 40 mm Körpergröße eindrucksvolle Südrussische Tarantel lebt in den Steppengebieten der Paläarktis, wo sie ihre westlichste Verbreitungsgrenze am Alpenostrand erreicht (THALER & BUCHAR 1994). Aus dem Seewinkel wurde die Art erstmals 1920 gemeldet. Die Tarantel lebt bevorzugt in kurzrasig-lückigen, sandigen Stellen, wo sie bis zu 30 cm tiefe Wohnröhren in den Boden graben kann (Abb. 67). Während der Brutzeit verschließen die Weibchen den Röhreneingang mit einem charakteristischen Gespinst (MILASOWSZKY & ZULKA 1996). Beweidung der Lackenufer und Erhaltung offener Salzstellen sind entscheidende Faktoren für das Vorkommen der Tarantel im Seewinkel. Im Mikrohabitat zeigt die Spinne beim Bau ihrer Wohnröhre eine Präferenz für Erhöhungen im Bodenrelief, eine Ausrichtung nach Süden sowie eine geringere Vegetationshöhe vor dem Röhreneingang, wodurch höhere Sonneneinstrahlung und somit auch eine höhere Bodentemperatur erreicht wird, was sich wiederum günstig auf die Brut auswirkt (MILASOWSZKY & ZULKA 1998).

2. Zwingendorf und Baumgarten an der March

Daten über Spinnen liegen aus den Salzwiesen in Zwingendorf („Hintausacker") und der Saliterwiese östlich von Zwingendorf vor. Der einzige Nachweis einer „Salzspinne" aus diesem Gebiet stammt von ZULKA (2001). Dabei handelt es sich um die seltene Zwergspinne *Dactylopisthes digiticeps*, die in Österreich bislang nur aus dem Seewinkel bekannt war (Abb. 68). Auch wenn die Datenlage überaus schwach ist, kann man davon ausgehen, dass in den Zwingendorfer Salzflächen der Faktor Salz nur einen untergeordneten Einfluss auf die Zusammensetzung der Spinnen-Lebensgemeinschaften hat. Im Artenspektrum des Standortes Zwingendorf spiegelt sich vor allem ein Feuchtigkeitsgradient wider, entlang dessen eine Spinnenfauna offener feuchter bis nasser Lebensräume dominiert (N. Milasowszky, unpubl.).

Die Salzwiesen bei Baumgarten an der March waren bislang noch nicht Gegenstand arachnologischer Untersuchungen. Im Rahmen einer Exkursion im Juni 2002 konnten in der beweideten Grau-Aster-Wiese lediglich „Störungsarten", wie etwa die Wolfsspinne *Pardosa agrestis*, nachgewiesen werden, was ein Hinweis auf eine mögliche „Überweidung" durch Rinder sein könnte.

Abb. 67: Die Südrussische Tarantel *Lycosa singoriensis* bevorzugt im Seewinkel Lebensräume mit kurzrasiger und lückiger Vegetation, wie etwa Hutweiden und offene Salzstellen *(Foto: D. Moser, April 2003)*.

Abb. 68: Die seltene Zwergspinne *Dactylopisthes digiticeps* wurde in Österreich bislang nur an Binnensalzstellen im Seewinkel – wie hier an der Lacke südlich Unterstinkersee – und in einer Salzsumpfwiese in Zwingendorf gefunden *(Foto: K. P. Zulka, September 1993)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.3 Heuschrecken und Fangschrecken

von Birgit C. Schlick-Steiner & Florian M. Steiner

Sengende Sonne …

Das Zirpen der Heuschrecken wird zurecht oft mit sengender Sonne über weiter Steppe assoziiert. Heuschrecken und Fangschrecken, die zu den Geradflüglern, also Insekten mit relativ ursprünglichem Körperbau, gehören, sind im Allgemeinen Charaktertiere offener, trockener Lebensräume, mit einer Vielzahl von Spezialisten für vegetationsarme und vegetationsfreie Stellen. Es gibt unter ihnen aber auch typische Bewohner feuchter Gewässerufer (BELLMANN 1993). Sie stellen einen beträchtlichen Teil der oberirdischen tierischen Biomasse und nehmen eine bedeutende Rolle im Nahrungsnetz eines Lebensraumes ein (INGRISCH & KÖHLER 1998).

Heuschrecken (Orthoptera: Ensifera, Caelifera) und Fangschrecken (Orthoptera: Mantodea) sind schon lange Gegenstand intensiver ökologischer Forschung und gerade in den Salzlebensräumen des Seewinkels können wir auf eine gute Tradition faunistischer und ökologischer Arbeiten zurückblicken (z. B. KARNY 1908, SCHMIDT 1987, SCHMIDT & DEVKOTA 1989). Über die Heu- und Fangschrecken der Salzlebensräume im nördlichen Weinviertel und bei Baumgarten an der March ist hingegen sehr wenig bekannt.

Das Salz: nicht geliebt, sondern ertragen

Über die Bedeutung des Faktors Salinität für die Physiologie und Ökologie unserer heimischen Heu- und Fangschrecken ist leider nicht viel bekannt. Es ist aber anzunehmen, dass sie – wie dies ja für viele Gruppen der Gliedertiere gilt (NEMENZ 1975) – weder auf den Salzgehalt von Boden oder Salzpflanzen angewiesen, also halobiont sind, noch Salzlebensräume bevorzugen, also halophil sind. Arten, die Salzlebensräume bewohnen, sind vielmehr offensichtlich in der Lage, das Salz so gut zu ertragen, dass es sie nicht sehr negativ beeinflusst, sie sind also halotolerant (vgl. INGRISCH & KÖHLER 1998). Von Wüstenheuschrecken wissen wir, dass sie zu enormen physiologischen Leistungen befähigt sind, die es ihnen ermöglichen, den Salzgehalt ihres Körpers auch bei großer Belastung von außen konstant zu halten (ROCKSTEIN 1974, EDNEY & NAGY 1976).

Heuschrecken bewohnen also Salzlebensräume, weil andere für sie wichtige ökologische Bedingungen erfüllt werden. Zusammenfassend können wir von zwei Hauptfaktoren sprechen: der Feuchte und der Temperatur, wobei wir bei den Ansprüchen einer Art zwischen dem Lebensraum, der zur Ablage der unbeweglichen Eier genutzt wird, und dem Lebensraum der beweglichen Larven und erwachsenen Heuschrecken unterscheiden müssen. Bei einigen Arten unterscheiden sich diese deutlich (KALTENBACH 1963). Zu erwähnen ist außerdem noch die Vegetationsstruktur, die als Raumwiderstand bei der Fortbewegung und als schützende Struktur eine Rolle spielt (SÄNGER 1977). Wenige Arten benötigen schließlich bestimmte Pflanzenarten zur Eiablage (DETZEL 1998).

Mehr als die Hälfte lebt salzig

Mit 62 Arten ist die Hälfte der Heuschreckenarten Österreichs in Salzlebensräumen anzutreffen (z. B. KALTENBACH 1962, SCHMIDT 1987). Grund für diese enorme Zahl ist, wie bereits erwähnt, nicht der Faktor Salz. Früh wurde schon erkannt, dass im größten österreichischen Salzlebensraum, dem Gebiet des Neusiedler Sees, östliche und südöstliche Arten ihre Verbreitungsgrenze erreichen (MAZEK-FIALLA 1936, KALTENBACH 1970). Mit ihren teils sogar einzigen Vorkommen in Österreich (z. B. Neusiedler Strandschrecke, *Epacromius coerulipes pannonicus)* tragen diese Arten zur Vielfalt der im Überlappungsbereich tiergeographischer Zonen liegenden Gebiete bei.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Dennoch: Salzlebensräume sind wichtig

Neben diesen zoogeographischen Überlegungen ist es auch interessant, die Artenvielfalt unter ökologischem Gesichtspunkt zu betrachten: Das Mosaik unterschiedlicher Lebensraumtypen in den Salzlebensräumen Österreichs, mit einem steilen Gradienten von nass zu extrem trocken, bietet neben Arten mit breitem Spektrum der von ihnen besiedelten Lebensräume – die auch beispielsweise im kühlen Bergland anzutreffen sind – vor allem solchen Arten Lebensmöglichkeit, die sich auf heiße, steppenartige Halbtrockenrasen oder feuchte Gewässerufer spezialisiert haben. Sie bilden hier teilweise ganz charakteristische Artengemeinschaften (KALTENBACH 1963, SCHMIDT & SCHACH 1978). So sind der Seewinkel im Burgenland mit seinen noch relativ großflächigen Lebensräumen, aber auch die beiden Salzstandorte bei Zwingendorf und Baumgarten an der March in Niederösterreich als Vorposten für sie alle von großer Bedeutung.

Wenn wir ein Resümee des bisher Erwähnten ziehen, so zählen Heuschrecken also nicht zu den Halophilen oder Halobionten, spielen aber in den Lebensräumen mit erhöhtem Salzgehalt doch eine ökologisch sehr wichtige Rolle, ja einige der Arten, unter anderem die im Folgenden kurz beschriebenen, sind sogar als Charakterarten ihres Lebensraumes zu bezeichnen.

Abb. 69: Die in Österreich als verschollen geltende Gewöhnliche Nasenschrecke *(Acrida ungarica)* hat einen einzigartigen Körperbau *(Foto: J. Pennerstorfer).*

Ein empfindlicher Exot

Die bizarre, in Österreich als verschollen geltende Gewöhnliche Nasenschrecke *(Acrida ungarica*, Abb. 69), mit einer Körpergröße von bis zu 6 cm eine der größten heimischen Arten, ist ein südeuropäisch-afrikanisches Faunenelement und erreicht im Seewinkel den Nordwestrand ihres Verbreitungsgebietes (HARZ 1975). Sie ist mit ihrem strohfarbenen Körper, nicht zuletzt auch durch den namensgebenden, nasenartig verlängerten Kopf, in Form und Farbe perfekt an eine schüttere Vegetation mit einzelnen trockenen Halmen angepasst. Ihr Aussterben im Gebiet sei uns eine mahnende Erinnerung daran, dass wir die empfindlichen Salzlebensräume, die zum sensationellen östlichen Abschluss unseres Alpenlandes zählen, in der Vergangenheit schlecht behandelt haben (vgl. BERG & ZUNA-KRATKY 1997).

Ein Wappentier

Die schlanke Neusiedler Strandschrecke *(Epacromius coerulipes pannonicus,* Abb. 70) – eine seltene Art – ist, wie bereits der deutsche Name andeutet, ein Charaktertier des Neusiedler See-Gebietes. Die Unterart *pannonicus* wurde Anfang dieses Jahrhunderts im Neusiedler See-Gebiet erstmals gefunden

Abb. 70: Die stark gefährdete Neusiedler Strandschrecke *(Epacromius coerulipes pannonicus)* ist ein Charaktertier des Neusiedler See-Gebietes *(Foto: J. Pennerstorfer).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

(KARNY 1908). Sie kommt in Österreich nur hier vor, die nächsten Vorkommen sind in Ungarn (EBNER 1953, HARZ 1975). Sie ist besonders auf feuchten, salzhältigen Böden anzutreffen. Wir können sie als ein Wappentier der Salzlebensräume des Seewinkels bezeichnen, leider müssen wir sie heute als stark gefährdet betrachten!

Abb. 71: Die Italienische Schönschrecke *(Calliptamus italicus)* verdankt ihren Namen den leuchtend roten Hinterflügeln, die beim Fliegen aufblitzen *(Foto: J. Pennerstorfer)*.

Die bunten Vögel

Schließlich seien noch vier Arten erwähnt, die auf besondere Art auf sich aufmerksam machen: die Italienische Schönschrecke *(Calliptamus italicus)* (Abb. 71), die Pferdeschrecke *(Celes variabilis)* (Abb. 72), die Blauflügelige Ödlandschrecke *(Oedipoda caerulescens)* und die Blauflügelige Sandschrecke *(Sphingonotus caerulans*, Abb. 73). Die eher plumpen, schwer gepanzerten Tiere sind an den Untergrund durch gefleckte Kombinationen brauner, grauer, jedenfalls unscheinbarer Farben perfekt angepasst. Sie sitzen meist ruhig am Boden und erstaunen den Betrachter, der sie bis dahin sicher übersehen hat, durch ein Aufblitzen dunkelroter, hellrosa, dunkelblauer und himmelblauer Hinterflügel, sobald sie mit einem sehr kraftvollen Sprung zum Flug ansetzen. Unweigerlich wird man an die bizarre Vielfalt ferner Länder erinnert! Nachdem die Tiere einige Meter geflogen sind, landen sie mit einem weiteren Trick: Sie schlagen knapp vor dem Aufsetzen einen Haken in der Luft, wodurch sie an einer anderen Stelle zu sitzen kommen, als man durch Verfolgen ihrer Flugbahn vermuten würde.

Wie für viele andere Organismen auch, sind für Heu- und Fangschrecken die Salzlebensräume Österreichs, vor allem der Seewinkel, von großer Bedeutung. Mit dem Erhalt dieser Kleinode ist der Erhalt seiner Bewohner verbunden.

Abb. 72: Zu den anspruchsvollsten mitteleuropäischen Heuschrecken zählt die Pferdeschrecke *(Celes variabilis)*. Die Hinterflügel sind intensiv rosa, rot oder hellblau gefärbt *(Foto: J. Pennerstorfer)*.

Abb. 73: Im Sitzen ist die Blauflügelige Sandschrecke *(Sphingonotus caerulans)* perfekt an den Untergrund angepasst, erst beim Auffliegen zeigt sie ihre hellblauen Hinterflügel *(Foto: J. Pennerstorfer)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 6: Im Seewinkel-Gebiet nachgewiesene Heuschrecken und ihre Gefährdung nach der „Roten Liste gefährdeter Tierarten in Österreich" (ADLBAUER & KALTENBACH 1994). *Kategorien: 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potenziell gefährdet.*

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung
ENSIFERA	**LANGFÜHLERSCHRECKEN**	
Phaneropteridae		
Phaneroptera falcata (Poda)	Gemeine Sichelschrecke	–
Leptophyes albovittata (Kollar)	Gestreifte Zartschrecke	–
Tettigoniidae		
Conocephalus discolor Thunberg	Langflügelige Schwertschrecke	3
Conocephalus dorsalis (Latreille)	Kurzflügelige Schwertschrecke	2
Ruspolia nitidula (Scopoli)	Große Schiefkopfschrecke	2
Tettigonia viridissima Linnaeus	Grünes Heupferd	–
Tettigonia caudata (Charpentier)	Östliches Heupferd	3
Decticus verrucivorus (Linnaeus)	Warzenbeißer	3 (4?)
Gampsocleis glabra (Herbst)	Heideschrecke	1
Platycleis grisea (Fabricius)	Graue Beißschrecke	4
Platycleis affinis Fieber	Südliche Beißschrecke	1
Platycleis montana (Kollar)	Steppen-Beißschrecke	1
Platycleis vittata (Charpentier)	Kleine Beißschrecke	1
Metrioptera bicolor (Philippi)	Zweifarbige Beißschrecke	–
Metrioptera roeselii (Hagenbach)	Roesels Beißschrecke	–
Pholidoptera griseoaptera (De Geer)	Gewöhnliche Strauchschrecke	–
Gryllidae		
Gryllus campestris Linnaeus	Feldgrille	–
Acheta domesticus Linnaeus	Heimchen	4
Melanogryllus desertus (Pallas)	Steppengrille	2
Modicogryllus frontalis (Fieber)	Östliche Grille	2
Trigonidiidae		
Pteronemobius heydenii (Fischer)	Sumpfgrille	2
Oecanthidae		
Oecanthus pellucens (Scopoli)	Weinhähnchen	2
Gryllotalpidae		
Gryllotalpa gryllotalpa (Linnaeus)	Maulwurfsgrille	–
CAELIFERA	**KURZFÜHLERSCHRECKEN**	
Tetrigidae		
Tetrix subulata (Linnaeus)	Säbeldornschrecke	–
Tetrix bolivari (Saulcy)	Bolivars Dornschrecke	1
Tetrix bipunctata (Linnaeus)	Zweipunkt-Dornschrecke	–
Tetrix tenuicornis (Sahlberg)	Langfühler-Dornschrecke	–
Tetrix austriaca Schmidt & Devkota		–
Tridactylidae		
Xya pfaendleri (Harz)	Pfaendlers Grabschrecke	2

Fortsetzung s. nächste Seite

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 6: *Fortsetzung.*

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Gefährdung
Acrididae		
Calliptamus italicus (Linnaeus)	Italienische Schönschrecke	3
Locusta migratoria Linnaeus	Europäische Wanderheuschrecke	0
Oedalus decorus (Germar)	Kreuzschrecke	1
Oedipoda caerulescens (Linnaeus)	Blauflügelige Ödlandschrecke	–
Celes variabilis (Pallas)	Pferdeschrecke	1
Sphingonotus caerulans (Linnaeus)	Blauflügelige Sandschrecke	1
Aiolopus thalassinus (Fabricius)	Grüne Strandschrecke	3
Epacromius coerulipes pannonicus (Ivanov)	Neusiedler Strandschrecke	2
Parapleurus alliaceus (Germar)	Lauchschrecke	–
Stethophyma grossum (Linnaeus)	Sumpfschrecke	2
Acrida ungarica (Herbst)	Gewöhnliche Nasenschrecke	0
Arcyptera microptera (Fischer von Waldheim)	Kleine Höckerschrecke	1
Chrysochraon dispar (Germar)	Große Goldschrecke	3
Dociostaurus brevicollis (Eversman)	Südosteuropäischer Grashüpfer	3
Omocestus haemorrhoidalis (Charpentier)	Rotleibiger Grashüpfer	4
Omocestus petraeus (Brisout)	Felsgrashüpfer	1
Omocestus rufipes (Zetterstedt)	Buntbäuchiger Grashüpfer	–
*Stenobothrus nigromac*ulatus (Herrich-Schäffer)	Schwarzfleckiger Grashüpfer	3
Stenobothrus stigmaticus (Rambur)	Kleiner Heidegrashüpfer	2
Stenobothrus crassipes (Charpentier)	Zwerggrashüpfer	2
Myrmeleotettix maculatus (Thunberg)	Gefleckte Keulenschrecke	3
Chorthippus apricarius (Linnaeus)	Feldgrashüpfer	–
Chorthippus mollis (Charpentier)	Verkannter Grashüpfer	4
Chorthippus brunneus (Thunberg)	Brauner Grashüpfer	–
Chorthippus biguttulus (Linnaeus)	Nachtigall-Grashüpfer	–
Chorthippus albomarginatus (De Geer)	Weißrandiger Grashüpfer	3
Chorthippus dorsatus (Zetterstedt)	Wiesengrashüpfer	–
Chorthippus dichrous (Eversman)	Eversmans Grashüpfer	3
Chorthippus parallelus (Zetterstedt)	Gemeiner Grashüpfer	–
Chorthippus montanus (Charpentier)	Sumpfgrashüpfer	–
Euchorthippus declivus (Brisout)	Dickkopf-Grashüpfer	3
Euchorthippus pulvinatus (Fischer von Waldheim)	Gelber Grashüpfer	1
MANTODEA	**FANGSCHRECKEN**	
Mantidae		
Mantis religiosa Linnaeus	Gottesanbeterin	3

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.4 Terrestrische Wanzen

von Wolfgang Rabitsch

8.4.1 Einleitung

Wanzen (Heteroptera) sind eine – zu Unrecht! – mit einem schlechten Image behaftete Insektengruppe, deren hoher Indikatorwert zur Charakterisierung von Lebensräumen wegen ihrer engen Bindung an bestimmte Umweltparameter in steigendem Maße anerkannt wird (DUELLI & OBRIST 1998). Sie besitzen stechend-saugende Mundwerkzeuge, mit denen sie ihre Nahrung anstechen und aussaugen. Wanzentypische Merkmale sind die Stinkdrüsen und die Vorderflügel, die als sog. „Halbflügel" (Hemielytren) ausgebildet sind.

Weltweit sind etwa 40.000 Wanzenarten bekannt, die meisten leben in den Tropen Südostasiens und Mittel- und Südamerikas. Aus Mitteleuropa sind 1.088 Arten gemeldet (GÜNTHER & SCHUSTER 2000). Für Österreich sind 894 Arten bekannt (RABITSCH 2005).

Wanzen besiedeln fast alle Lebensräume. Man findet sie im Wasser (Wasserwanzen, vgl. Kap. 6.3.4), auf dem Wasser (Wasserläufer), im Boden (Erdwanzen), auf der Bodenoberfläche und in der Streu (Bodenwanzen), in allen Schichten der Vegetation von der Kraut- und Strauchschicht bis in die Kronenregion, auf und unter der Rinde von Bäumen (Rindenwanzen), von den Tieflagen bis ins Gebirge. Einige Arten leben als temporäre Außenparasiten an Warmblütern (Menschen, Fledermäuse, Vögel). Die meisten Arten ernähren sich jedoch phytophag, d.h. von Pflanzensaft, mit einer mehr oder weniger starken Präferenz für eine bestimmte Wirtspflanzenart, -gattung oder Pflanzenfamilie.

Die Bindung landlebender Wanzenarten an Salzstandorte ist in der Regel durch die Bevorzugung von bestimmten Salzpflanzen als Futterpflanzen gegeben. Diese Wanzen werden daher meist an Standorten gefunden, an denen auch ihre Nahrungspflanzen vorkommen. Hinzu kommen die räuberischen Uferwanzen (Saldidae), die an Ufersäumen anderen Kleininsekten (häufig Springschwänzen) nachstellen. Charakteristische Arten der Salzlebensräume des Seewinkels sind *Saldula pilosella* und *Saldula palustris*, die besonders im semiterrestrischen Bereich der Lackenränder zu finden sind und stundenlange Überstauungen ertragen können. Die Hauptvorkommen beider Arten liegen an den Meeresküsten Westeuropas und im Mediterrangebiet, wo noch weitere halophile Uferwanzenarten vorkommen. Für die offenbar irrtümlich für Österreich gemeldete halobionte *Halosalda lateralis* liegen hingegen keine sicher belegten Nachweise vor.

Im Folgenden werden jene phytophagen Wanzenarten vorgestellt, die eine enge Nahrungsbeziehung zu Salzpflanzen besitzen und bisher bei uns nur in Salzlebensräumen gefunden wurden.

8.4.2 Seewinkel

Aus der Familie der Weichwanzen (Miridae) sind aktuell fünf Arten zu nennen, die alle in Österreich ausschließlich aus dem burgenländischen Seewinkel bekannt sind. *Conostethus hungaricus* (Abb. 74) wurde von WAGNER (1941) nach Exemplaren von der Ill-

Abb. 74: Die vor allem an der Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* lebende Weichwanze *Conostethus hungaricus* (Miridae) wurde in Österreich bisher nur im Seewinkel festgestellt *(Foto: H. Günther)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

mitzer Krötenlacke beschrieben. In der älteren Literatur wurde diese Art als *C. salinus* gemeldet, eine Art, die bei uns aber nicht vorkommt. Man findet die etwa 3-4 mm kleinen, hellbraun bis gelb-grün gefärbten Tiere nur kurze Zeit im Jahr, etwa von Mitte Mai bis Mitte Juni, an den Lackenrändern (z. B. Stinkerseen, Hölle, Birnbaumlacke, Warmsee, Fuchslochlacke), wo sie in großer Zahl an der Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)*, dem Neusiedlersee- und Sumpf-Salzschwaden (*Puccinellia peisonis* und *P. limosa*) und am Weißen Straußgras *(Agrostis stolonifera)* leben. Es liegen aber auch Funde von den Zitzmannsdorfer Wiesen und von den Seewiesen bei Jois vor.

Die ebenfalls nur etwa 3 mm kleine, grünlich gefärbte *Solenoxyphus fuscovenosus* saugt ausschließlich am Kampferkraut *(Camphorosma annua).* Die Vorkommen am Neusiedler See sind die westlichsten des Verbreitungsgebietes, das durch Ungarn bis zum Balkan und nach Kasachstan reicht. WAGNER (1965) berichtet von Funden am Zicksee, am Kirchsee und an der Einsetzlacke bei Illmitz. In der umfassenden Studie von MELBER et al. (1991) wurden jedoch keine rezenten Funde mitgeteilt. Wie für die zuvor besprochene Art *C. hungaricus* ist auch für *S. fuscovenosus* die Entwicklung und Reproduktion nach der Überwinterung im Eistadium auf eine kurze Periode im Spätsommer beschränkt.

Die vorwiegend pontisch-pannonisch verbreitete *Orthotylus rubidus* (Abb. 75) lebt am Queller *(Salicornia prostrata)* und an der Großen Salzmelde *(Suaeda pannonica).* Der Name dieser nur etwa 2,5-3,5 mm kleinen Art bezieht sich auf die rötlich gefärbten Exemplare der Herbstgeneration, während in der Frühlingsgeneration auch Tiere mit grüner Körperfärbung vorkommen – so wie sich auch eine der Futterpflanzen, die einjährige Große Salzmelde, im Jahresverlauf von dunkelgrün zu dunkelrotbraun verfärbt. Ein weiterer Vertreter dieser Gattung, die 3-4 mm große, grün gefärbte *Orthotylus schoberiae*, lebt ebenfalls an der Großen Salzmelde im Bereich der Lackenränder. Beide Arten sind auch aktuell aus dem Seewinkel bekannt (z. B. Neubruchlacke, Stinkerseen, Zicklacke; MELBER et al. 1991, W. Rabitsch, unpubl.).

Aus der Familie der Netzwanzen (Tingidae) ist *Agramma atricapillum* (Abb. 76) zu erwähnen, die im Seewinkel relativ häufig an der Meerbinse *(Bolboschoenus maritimus)* vorkommt und erst kürzlich für Österreich gemeldet wurde. Die ostwärts bis in die Mongolei verbreitete Art lebt aber auch an nicht salzbeeinflussten Standorten an Simsen- und Rohrkolbengewächsen.

Abb. 75: Die Weichwanze *Orthotylus rubidus* (Miridae) ist ein Bewohner salzbeeinflusster Lebensräume mit pontisch-pannonischem Verbreitungsschwerpunkt. Sie saugt am Queller und an der Großen Salzmelde *(Foto: E. Wachmann).*

Abb. 76: Die Netzwanze *Agramma atricapillum* (Tingidae) lebt an Binsen und Seggen und wurde in Österreich bisher nur im Seewinkel und in Zwingendorf festgestellt *(Foto: E. Wachmann).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Aus der Familie der Meldenwanzen (Piesmatidae) ist *Parapiesma quadratum* (Abb. 77) zu nennen, die im Seewinkel häufig an den Lackenrändern (beispielsweise Hölle, Ochsenbrunnenlacke, Seedamm, Zicklacke, Stinkerseen und Fuchslochlacke) an verschiedenen Gänsefußgewächsen vorkommt. Sie ist eine der wenigen wirtschaftlich „bedeutenden" Wanzen in Mitteleuropa, die – allerdings bisher nur in kleinen Gebieten in Deutschland und Polen – bei Massenvorkommen an Zucker- und Futterrüben durch Übertragung des „Kräuselkrankheitsvirus" schädlich wird. Je nach Witterung verlassen die Imagines der ersten Generation die Winterquartiere im April/Mai und fliegen an die Futterpflanzen, wo die Kopula stattfindet. Durch Stridulationsgeräusche der Männchen werden die Weibchen angelockt und große Aggregationsgruppen gebildet. Die Imagines der zweiten Generation überwintern in den obersten Bodenschichten in Nähe der Futterpflanzen.

Auch *Henestaris halophilus* (Abb. 78), der bei uns einzige an Salzstandorte gebundene Vertreter der Bodenwanzen (Lygaeidae), ist im Seewinkel an allen Salzlacken weit verbreitet und nicht selten. Vereinzelt kommt die Art bis in die Leithaniederungen zwischen Zurndorf und Nickelsdorf sowie bei Jois vor. Als Futterpflanzen werden Salz-Wegerich *(Plantago maritima)* und Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* angegeben. Wie die meisten Bodenwanzen saugt auch *Henestaris* vor allem an den Samen der Pflanzen.

Schließlich ist noch eine Baumwanze (Pentatomidae) anzuführen, *Antheminia varicornis*, die – meist gemeinsam mit *Agramma atricapillum* – an der Meerbinse *(Bolboschoenus maritimus)* lebt und im Seewinkel bei Illmitz und Apetlon häufig gefunden wird. Sie erreicht die Westgrenze ihrer Verbreitung am Nordwestufer des Neusiedler Sees bei Neusiedl am See und Jois (obwohl die Nahrungspflanze auch noch weiter westlich vorkommt). Die beinahe 1 cm großen, rötlich gefärbten Tiere sind im August und September an den Futterpflanzen zu finden, in deren Umgebung die Imagines auch überwintern.

Ein Vergleich mit den Wanzenvorkommen an ähnlichen Salzstandorten in Fülöpszallas, Ungarn (BAKONYI & VASARHELYI 1987, AUKEMA 1990), zeigt eine hohe Übereinstimmung der Artengarnitur. Trotz der vergleichsweise langen Tradition und der Aufmerksamkeit, die dem Neusiedler See und dem Seewinkel von Wanzenforschern zuteil wurde, sind Vorkommen und Verbreitung, vor allem aber auch der rezente Status vieler Arten und deren Gefährdung, unklar oder gar nicht bekannt. Eine Rote Liste der Wanzen des

Abb. 77: Die Meldenwanze *Parapiesma quadratum* (Piesmatidae) ist im Seewinkel häufig an den Lackenrändern an verschiedenen Gänsefußgewächsen zu finden *(Foto: E. Wachmann).*

Abb. 78: Die Bodenwanze *Henestaris halophilus* (Lygaeidae) ist im Seewinkel an allen Salzlacken weit verbreitet; sie wurde auch in Zwingendorf festgestellt *(Foto: E. Wachmann).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Burgenlandes ist zur Zeit in Vorbereitung, Gefährdungseinstufungen liegen daher noch nicht vor, aber nachdem die Futterpflanzen der hier genannten Wanzen meist als selten und gefährdet gelten, die Vorkommen oft kleinräumig, lokal und fragmentiert (d. h. isoliert) sind, müssen wohl auch die an diese Pflanzen gebundenen Tiere als gefährdet eingestuft werden.

Darüber hinaus gibt es noch eine Reihe von Arten, die nicht ausschließlich an Salzstandorte gebunden sind, aber doch regelmäßig in Österreich an diesen gefunden werden, wie zum Beispiel die räuberische Sichelwanze *Nabis lineatus* bei Illmitz, Apetlon und Andau, die wiederholt aber auch an Moorstandorten (in der Steiermark und in Deutschland) gefunden wurde. Hier ist eher eine ausreichende Feuchtigkeit der entscheidende ökologische Parameter für ihr Vorkommen. Die nur 2,5 mm kleine, grün gefärbte *Atomoscelis onusta* (Abb. 79) lebt auf salzhältigem Boden an verschiedenen Chenopodiaceae (besonders die Spieß-Melde *Atriplex latifolium*). Für diese holarktisch verbreitete Weichwanze liegen mehrere Nachweise aus dem östlichen Neusiedler See-Gebiet (z. B. Kühbrunnlacke, Ochsenbrunnlacke, Birnbaumlacke) und aus Rust am Westufer des Neusiedler Sees vor. Darüber hinaus wurde diese Art aber auch an Ruderalstandorten in Wien an Wermut (Korbblütler) gefunden. Die Bodenwanze *Geocoris ater* f. *albipennis*, die für Österreich lange nur aus dem Neusiedler See-Gebiet bekannt war, wurde mittlerweile auch an mehreren offenen Trockenstandorten (Trockenrasen, Brachen) in Niederösterreich und Wien nachgewiesen und ist sicher nicht an salzbeeinflusste Standorte gebunden.

Abb. 79: Die Weichwanze *Atomoscelis onusta* (Miridae) lebt an verschiedenen Wirtspflanzen und kommt auch an Ruderalstandorten vor *(Foto: E. Wachmann).*

8.4.3 Pulkau und March

In Zwingendorf wurde 1999 am Gewöhnlichen Salzschwaden *(Puccinellia distans)* die Bodenwanze *Henestaris halophilus* nachgewiesen (RABITSCH 1999). Nach WAGNER (1965) war „das Salzlackengebiet des Neusiedler Sees das einzige Gebiet in Österreich, in dem die Art vorkommt". MELBER et al. (1991) berichten von zahlreichen Nachweisen im Seewinkel und vereinzelten Funden bis in die Leithaniederungen. Nach Ribes (in litt.) liegt auch ein Nachweis von den Hundsheimer Bergen vor. Der sehr kleinflächige Salzschwaden-Standort (nur wenige Quadratmeter!) liegt außerhalb des Naturschutzgebietes „Zwingendorfer Glaubersalzböden" und war noch 1999 umgeben von Brachland und Getreidefeldern. Im Jahr 2000 wurden Teile dieser Fläche zur Errichtung eines Fußballplatzes aufgeschüttet – das Überleben von *H. halophilus* in Niederösterreich scheint dadurch sehr fraglich.

Eine zweite Wanzenart, die Netzwanze *Agramma atricapillum*, wurde ebenfalls in Zwingendorf (an der Hain-Segge) innerhalb des Naturschutzgebietes erstmals für Niederösterreich und erstmals außerhalb des Seewinkels festgestellt (RABITSCH 1999). Die Fläche des Naturschutzgebietes wurde im Jahr 2000 teilweise ausgebaggert und die Seggen-Bestände erheblich gelichtet. Inwieweit sich hier Auswirkungen auf *A. atricapillum* ergeben, kann noch nicht gesagt werden.

Die beiden Wanzenarten könnten als gute Zeigerarten für ein Monitoring der Flächen nach eventuellen Pflegemaßnahmen herangezogen werden. Der Standort Zwingendorf, insbesondere Teile außerhalb des bestehenden Naturschutzgebietes, ist für die Wanzenfauna Österreichs von nationaler Bedeutung und bedarf dringender Schutzmaßnahmen.

Am dritten wichtigen Salzstandort Österreichs, den ehemaligen Salzwiesen bei Baumgarten an der March, kommen keine Salz bevorzugenden Wanzenarten

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

vor. Ein Grund mag sein, dass an der an dem Standort dominierenden Grau-Aster keine Wanzenspezialisten saugen. Offene oder zumindest lückige Stellen fehlen weitgehend, und die Artengarnitur besteht vor allem aus Arten, die eher wechsel-feuchte Bedingungen bevorzugen.

8.4.4 Wiener Becken

Die Ziegelteiche des Wiener Beckens, aber auch die als Pferdeschwemmen genutzten anthropogen geschaffenen, salzhältigen Kleingewässer im Wiener Stadtgebiet ermöglichten gegen Ende des 19. Jahrhunderts einigen Salzpflanzen ein Vorkommen an diesen Sonderstandorten. Auch für einige Wanzen liegen historische Nachweise aus dieser Zeit für „Wien" bzw. die Wiener Umgebung vor, die höchstwahrscheinlich an diesen Standorten gefunden wurden. *Parapiesma quadratum* wurde 1872 am Leopoldsberg nachgewiesen, *Atomoscelis onusta* 1891 in Hütteldorf und etwa zur selben Zeit auch am Wienerberg. Besonders für *Orthotylus schoberiae* liegen alte Belege aus „Wien" vor (beispielsweise von 1867), die sehr gut mit den damaligen Vorkommen der Futterpflanze (Große Salzmelde) in Wien übereinstimmen (FREITAG et al. 1996). Jüngere Vorkommen sind nicht bekannt.

Tab. 7: Halobionte (d. h. stenotop an Salzlebensräume gebundene) Wanzen Österreichs, mit Angaben zu ihren Futterpflanzen, deren Gefährdung (nach NIKLFELD & SCHRATT-EHRENDORFER 1999) und Vorkommen (S = Seewinkel, W = Westrand des Neusiedler Sees, Z = Zwingendorf, B = Baumgarten). Einstufungen in Gefährdungskategorien liegen für Wanzen nicht vor. Von der Gefährdung der Nahrungspflanze kann jedoch indirekt auf die Gefährdung der darauf saugenden Wanzenarten geschlossen werden. Gefährdungskategorien der Futterpflanzen: 3 = gefährdet, 2 = stark gefährdet.

Wissenschaftlicher Name	S	W	Z	B	Salzbindung	Ernährungsweise	Nahrungspflanze
Saldidae (Springwanzen)							
Saldula palustris (Douglas & Scott)	+				halobiont	räuberisch	–
Saldula pilosella (Thomson)	+				halophil	räuberisch	–
Miridae (Weichwanzen)							
Atomoscelis onusta (Fieber)	+				halophil	phytophag	Gänsefußgewächse
Conostethus hungaricus Wagner	+				halobiont	phytophag	Salz-Kresse (3)
							Kriech-Straußgras
							Neusiedlersee-Salzschwaden (3)
							Sumpf-Salzschwaden (2)
Orthotylus rubidus (Puton)	+				halobiont	phytophag	Große Salzmelde (3)
							Glasschmalz (3)
Orthotylus schoberiae Reuter	+				halobiont	phytophag	Große Salzmelde (3)
Solenoxyphus fuscovenosus (Fieber)	+				halobiont	phytophag	Kampferkraut (2)
Tingidae (Netzwanzen)							
Agramma atricapillum (Spinola)	+	?	+		halophil	phytophag	Meerbinse (3)
							Hainsegge (3)
Piesmatidae (Meldenwanzen)							
Parapiesma quadratum (Fieber)	+				halophil	phytophag	Gänsefußgewächse
Lygaeidae (Bodenwanzen)							
Henestaris halophilus (Burmeister)	+		+		halobiont	phytophag	Salz-Wegerich (3)
							Salz-Kresse (3)
							Gewöhnl. Salzschwaden
Pentatomidae (Baumwanzen)							
Antheminia varicornis (Jakovlev)	+	?			halobiont	phytophag	Meerbinse (3)

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.5 Zikaden

von Werner E. Holzinger & Wolfgang Fröhlich

8.5.1 Einleitung

Zu den häufigsten und artenreichsten heimischen Insekten zählen die Zikaden (Auchenorrhnycha). Allgemeine Bekanntheit genießen allerdings nur die großen, in Österreich mit acht Arten vertretenen Singzikaden, während das Wissen um die verborgene Schönheit der über 600 „kleinen" Zikadenarten interessierten Naturbeobachtern vorbehalten bleibt.

Zikaden sind phytophage, das heißt sich ausschließlich von Pflanzen ernährende Insekten. Die überwiegende Zahl der heimischen Zikaden ist hierbei auf bestimmte Wirtspflanzen spezialisiert; viele Zikaden leben nur an einer oder wenigen, oft nah verwandten Wirtspflanzenarten. Besonders beliebte Nährpflanzen sind Süßgräser, Seggen und diverse Laubgehölze; hier sind oft mehrere Zikadenarten auf eine einzige Pflanzenart spezialisiert. Auch viele Nutzpflanzen, z. B. Getreide, Wein oder Kartoffeln, zählen zum Wirtspflanzenspektrum, weswegen einige Zikadenarten in der Land- und Forstwirtschaft beträchtliche Schäden verursachen können. Die meisten Arten sind diesbezüglich allerdings völlig „harmlos".

Abb. 80: Eine sehr große und dekorative Art ist die Schaufelkopfzikade *(Eupelix cuspidata)*. Sie bevorzugt warme, offene Lebensräume und ist halotolerant, sodass sie auch in den Randbereichen von Salzlacken anzutreffen ist *(Foto: E. Wachmann)*.

Im Naturschutz werden Zikaden vor allem in jüngerer Zeit gerne als „Bioindikatoren" im Rahmen naturschutzfachlicher Untersuchungen und Planungen eingesetzt. Da sie in fast allen Lebensräumen in hoher Artenzahl und hoher Dichte vorkommen, zudem leicht erfassbar sind und viele Arten eine mehr oder minder enge Bindung an Nährpflanzen, strukturelle und/oder chemische Eigenschaften ihres Lebensraumes haben, sind sie dafür auch besonders gut geeignet (ACHTZIGER 1999).

8.5.2 „Salzzikaden"?

Salzstandorte stellen für Pflanzenfresser eine besondere Herausforderung dar – neben den edaphischen (bodenkundlichen) und kleinklimatischen Besonderheiten sind es aufgrund des Salzgehaltes mancher Halophyten vor allem ernährungsphysiologische Probleme, die phytophage Insekten zu bewältigen haben. Zikaden haben es hier noch relativ leicht, da sich die meisten heimischen und praktisch alle an Salzpflanzen lebenden Arten vom Inhalt der „Zuckersaftleitungen" (Phloem) der Pflanzen ernähren und dieser „Zuckersaft" wenig von jenem „normaler" Pflanzen abweicht.

Entsprechend hoch ist auch die Zahl der halophilen und halobionten Zikadenarten: In Mitteleuropa kommen etwa 20 Arten vor (FRÖHLICH 1997a, b), in Österreich zumindest 12 (Tab. 8). Mehrere von ihnen *(Kelisia henschii, Pastiroma clypeata, Psammotettix asper)* sind, ähnlich wie viele Halophyten, pontisch-pannonisch-euroturanisch verbreitet und erreichen in Österreich die Nordwestgrenze ihrer Verbreitung. Die Vorkommen dieser Arten sind von besonderer biogeographischer Relevanz und sollten daher auch bei der Erarbeitung von Managementkonzepten im Rahmen von Natura 2000 Berücksichtigung finden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Einige der halophilen bzw. halobionten Zikadenarten sind polyphag, d. h. sie ernähren sich von vielen verschiedenen Pflanzen, andere sind an eine oder wenige Halophyten gebunden (vgl. NICKEL et al. 2002). Über 80 weitere Zikadenarten besiedeln zwar auch Salzstellen, zeigen aber keine spezifische Bindung an den besonderen Chemismus des Lebensraumes, sondern an Nährpflanzen und/oder strukturelle Eigenschaften, die auch in anderen, nicht-salzigen Lebensräumen vorgefunden werden können.

Die Zikadenfauna der Salzstellen Österreichs ist noch relativ schlecht erforscht. Einzeldaten lieferten zwar bereits verschiedene Autoren (z. B. WAGNER & FRANZ 1961, HOLZINGER & REMANE 1994, FRÖHLICH 1996), systematische Aufsammlungen wurden allerdings erstmals Anfang der 1990er Jahre von MILASOWSZKY & ZULKA (1994) an insgesamt 20 Lacken des Seewinkels durchgeführt. Diese als „Beifangauswertung" gewonnenen Daten sowie aktuelle Aufsammlungen an Salzwiesen in Baumgarten an der March und bei Zwingendorf (Saliterwiesen und Dorfteich) stellen die Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen dar. Die Salzstandorte am Westrand des Neusiedler Sees wurden zikadenkundlich bisher nicht untersucht.

In Summe ermöglichen diese Daten einen ersten Einblick in die Zikadenfauna der Salzlebensräume Österreichs. Eine detailliertere Untersuchung wäre allerdings unbedingt erforderlich, um unter anderem faunistische Unterschiede zwischen den einzelnen Salzstandorten erkennen und deren (naturschutzfachliche) Konsequenzen beurteilen zu können.

8.5.3 Zikaden an Schilf, …

Schilf ist eine weit verbreitete und häufige Grasart und kommt in verschiedensten Feuchtlebensräumen vor: von Erlenbruchwäldern über Feuchtwiesen bis hin zu Ufern von Flüssen, Seen – und auch Salzlacken. Schilf ist auch eine beliebte Nährpflanze für zahlreiche phytophage Tiere, darunter auch für etwa 20 monophage (sich nur von einer einzigen Pflanzenart ernährende) Zikadenarten. Allerdings wird nicht jeder Schilfbestand von den gleichen Zikaden besiedelt; die meisten Arten besitzen Präferenzen hinsichtlich bestimmter Temperaturen, Feuchtigkeit oder Salzgehalt (NICKEL et al. 2002).

Abb. 81: Die mitteleuropäischen Arten der Gattung *Chloriona* (Schilfspornzikaden; im Bild ein kurzflügeliges Weibchen) sind äußerlich nicht unterscheidbar. *Ch. glaucescens* kommt ausschließlich in salzbeeinflussten Lebensräumen vor *(Foto: E. Wachmann).*

Eine besonders artenreiche, nur an Schilf lebende Verwandtschaftsgruppe ist die Gattung *Chloriona* (Schilfspornzikaden, Abb. 81). Acht einander sehr ähnliche Arten sind aus Mitteleuropa bekannt: Alle sind 5–6 mm lang, schlank, langflügelig und strohfarben bis grünlich (Männchen und langflügelige Weibchen) oder kurzflügelig und leuchtend grün (nur Weibchen). Die in Österreich häufigste Art, die Smaragd-Schilfspornzikade *Ch. smaragdula*, meidet Salzstandorte, während alle übrigen Arten zumindest gelegentlich auch Schilfbestände auf Salzböden besiedeln. Zwei Arten, *Ch. unicolor* und *Ch. dorsata*, bevorzugen Salzbiotope; die Salz-Schilfspornzikade *Ch. glaucescens* kommt ausschließlich in salzbeeinflussten Lebensräumen vor.

Eine weitere häufige, Schilf besiedelnde Gattung ist *Paralimnus*. Zwei Arten, die Schilfgraszikade *P. phragmitis* und die Südliche Schilfgraszikade *P. rotundiceps* kommen an Salzstandorten im Seewinkel und in Zwingendorf vor. Nur die erstere wird von FRÖHLICH (1997a, b) allerdings auch als halophil eingestuft.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.5.4 … an Salzschwaden …

Der Neusiedlersee-Salzschwaden (*Puccinellia peisonis)* ist eine Charakterart der Binnenland-Salzstellen des pannonischen Raumes; er kommt nur in Österreich, Ungarn und der Slowakei vor. Das gleiche Verbreitungsbild zeigt auch die nur an diesem Gras saugende Pannonische Sandzikade *(Psammotettix asper)*: Sie wurde von Henri Ribaut im Jahr 1925 nach zwei ungarischen Tieren beschrieben und ist bislang nur von etwa 20 Standorten in Ungarn, dem Burgenland und Niederösterreich bekannt.

Neben einigen weiter verbreiteten und hinsichtlich ihrer Nährpflanzen weniger wählerischen Zikadenarten kommt auch eine zweite halobionte Zikadenart an Salzschwaden vor: die Salz-Wanderzikade *(Macrosteles sordidipennis)*. Von Mai bis in den Spätherbst sind diese bräunlich-grünen, am Kopf schwarz gefleckten Zwergzikaden gemeinsam mit der Pannonischen Sandzikade zu Hunderten bis Tausenden auf ihren Nährpflanzen anzutreffen.

8.5.5 … und auf anderen Halophyten

Wie einleitend erwähnt, besiedeln zahlreiche Zikadenarten Salzstellen nicht aufgrund des besonderen Bodenchemismus, sondern aufgrund der vorherrschenden strukturellen Eigenschaften: Salzbiotope sind Lebensräume, die oft eine sehr niedrigwüchsige und lückige Vegetationsdecke aufweisen, wie sie auch in Ruderalflächen, Magerrasen oder Uferlebensräumen vorgefunden werden können. Arten dieser Biotope kommen, wenn sie polyphag sind oder ihre Nährpflanze(n) tolerant gegenüber erhöhten Salzgehalten im Boden sind, auch an Salzstandorten vor. Eine der häufigsten Arten in Salzlebensräumen, die Rain-Dolchzikade *(Doratura homophyla)*, ist ein gutes Beispiel hierfür: Sie ist eine typische Art offener, sonniger Lebensräume tieferer Lagen und lebt auch in Trockenrasen, Brachen und an Wegrändern, wo sie sich von verschiedenen Süßgräsern ernährt.

Tab. 8: Verbreitung und Nährpflanzen der an Salzlebensräume gebundenen Zikadenarten Österreichs.
Sb = Bindung an Salz (nach FRÖHLICH 1997a, verändert): hp? = möglicherweise halophil, hp = halophil, hb = halobiont.
Vorkommen: SW = Seewinkel, ZS = Zwingendorf Saliterwiese, ZD = Zwingendorf Dorfteichwiese. Aus Baumgarten an der March sind zwar mehrere seltene Feuchtwiesenarten, aber bislang noch keine halophilen oder halobionten Zikadenarten bekannt. Diese Tabelle spiegelt den gegenwärtigen Kenntnisstand wider; bei intensiver Bearbeitung der Flächen sind Nachweise weiterer halophiler Zikadenarten zu erwarten.

				Vorkommen		
Wissenschaftlicher Name	**Deutscher Name**	**Nährpflanze(n)**	**Sb**	**SW**	**ZS**	**ZD**
Delphacidae	**Spornzikaden**					
Kelisia henschii Horvath	Balkanspornzikade	kleinwüchsige Seggen	hp	+		
Pastiroma clypeata (Horvath)	Andel-Spornzikade	Neusiedlersee-Salzschwaden	hb	+		
Chloriona glaucescens Fieber	Salz-Schilfspornzikade	Schilf	hb	+		+
Chloriona unicolor (Herrich-Schäffer)	Trug-Schilfspornzikade	Schilf	hp	+	+	+
Cicadellidae	**Zwergzikaden**					
Xerochlorita prasina (Fieber)		Salz-Wermut	hb	+		
Macrosteles sordidipennis (Stal)	Salz-Wanderzikade	Salzschwaden, Salz-Segge	hb	+		
Macrosteles viridigriseus (Edwards)	Gabelwanderzikade	verschiedene Gräser	hp?			+
Laburrus handlirschi (Matsumura)		Beifuß-Arten	hp?	+		
Paramesus obtusifrons/major	Strandsimsenzikade	Strandsimse	hb	+		+
Paralimnus phragmitis (Boheman)	Schilfgraszikade	Schilf	hp		+	+
Psammotettix pictipennis (Kirschbaum)		Gänsefußgewächse	hb	+		
Psammotettix asper (Ribaut)	Pannonische Sandzikade	Neusiedlersee-Salzschwaden	hb	+	+	+

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.6 Ameisen

von Florian M. Steiner & Birgit C. Schlick-Steiner

Das große Krabbeln

Wenn wir davon erzählen, dass wir Ameisen beforschen, werden wir meistens gefragt, wie man denn die Ameisen aus der Küche loswird – aber verbirgt sich hinter dieser Gruppe nicht viel mehr?

Ameisen (Formicidae) gehören zur Gruppe der Hautflügler (Hymenoptera). In Mitteleuropa sind sie zwischen 2 mm und 2 cm groß, in Österreich sind bisher 121 autochthone Arten nachgewiesen, etwa zehn weitere sind zu vermuten (vgl. SEIFERT 1996). Nicht zuletzt durch ihre enorme Biomasse als Gesamtheit kommt ihnen große allgemeine ökologische und speziell bodenbiologische Bedeutung zu, in manchen Lebensräumen dominieren sie sogar absolut (SEIFERT 1996). So leisten sie beispielsweise einen großen Beitrag zur Bodenbildung und Bodenbelüftung, besetzen wichtige Knotenpunkte im Nahrungsnetz, gehen Symbiosen mit anderen Tiergruppen ein und spielen eine Rolle bei der Verbreitung von Pflanzensamen (z. B. PETAL 1977, WOLFF & DEBUSSCHE 1999). Sie fesseln den Laien weniger durch atemberaubende Schönheit als durch die enorme Faszination, die von ihrer komplexen Lebensweise ausgeht.

Ameisen leben in Staaten. Ihre Sozialstruktur ist eine der höchst entwickelten überhaupt. Sie sind eusozial, das heißt ein großer Teil eines solchen Staates reproduziert sich nicht und übernimmt als sterile Arbeiterinnenkaste Aufgaben wie Futtersuche und Pflege der Brut. Im Gegensatz dazu legen die fertilen Königinnen nach dem Hochzeitsflug ununterbrochen Eier und werden ständig von Arbeiterinnen umsorgt. Die Männchen leben nur ein paar Wochen und sterben, nachdem sie die Königinnen beim Hochzeitsflug begattet haben.

Ameisen in Salzlebensräumen: Sie sind überall

Bei günstigen Witterungsbedingungen sind eifrig umherlaufende Ameisen die auffälligsten Insekten der vegetationsfreien Salzstellen. Sie besiedeln aber vor allem auch pflanzenbestandene Landlebensräume mit erhöhter Salinität, manche schaffen es sogar bis in die Schilfzonen der Salzlacken (ASSING 1987). Auch wenn es den Anschein haben mag, dass es sich um insgesamt wenige Arten handelt, so verbergen sich hinter einigen „gleich aussehenden" Ameisen doch mehrere Arten, die in ihrer Biologie, Ökologie und ihrem Verhalten ganz eindeutig unterschiedlich eingenischt sind. So ist beispielsweise die Zahl von Haaren an bestimmten Körperstellen wichtig, teilweise entscheiden wenige Tausendstel von Millimetern über die Zugehörigkeit zur einen oder anderen Art (SEIFERT 1996). Sind wir in Mitteleuropa auf einen sehr hohen Standard in der Taxonomie der Ameisen stolz, so können doch nur ganz wenige Fachleute Ameisen bestimmen. Letztlich ist dies auch einer der Gründe, warum immer noch relativ wenig über die Ökologie dieser interessanten Tiere bekannt ist.

Was wissen wir bisher?

Der Erforschungsgrad der Ameisen in heimischen Salzlebensräumen ist verglichen mit dem anderer Tiergruppen relativ schlecht. Einige Angaben finden sich zur Situation im Seewinkel, doch sind dabei erst kürzlich beschriebene Arten (z. B. SEIFERT 1997a, 1997b) nicht berücksichtigt, und auch Fehlbestimmungen leider anzunehmen und zu berücksichtigen. Der Kenntnisstand über die Ameisen der Salzlebensräume im nördlichen Weinviertel und bei Baumgarten an der March ist rudimentär. Die bisher 33 insgesamt in Österreichs Salzlebensräumen sicher nachgewiesenen Ameisenarten repräsentieren bei weitem keine komplette Erfassung. Viele Arten mit versteckter Lebensweise oder solche, die nur sehr vereinzelt vorkommen, fehlen in der Artenliste der Tabelle 9. Es ist zu vermuten, dass die tatsächliche Zahl der Arten annähernd doppelt so groß ist.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Was haben sie mit Salz wirklich am Hut?

Die physiologische Bedeutung von Salz für Ameisen in Mitteleuropa ist bisher nicht untersucht worden. Einige Autoren vermuten generell eine relativ geringe Bedeutung des Salzgehaltes an und für sich und vermuten, dass es sich meist eher um eine Salztoleranz als um eine „Salzliebe" (Halophilie) handelt (z. B. KÜHNELT 1950, NEMENZ 1975, SCHWERDTFEGER 1977). Für die Besonderheit der Fauna auf Salzlebensräumen dürften meist mit dem Salzgehalt gekoppelte Faktoren ausschlaggebend sein. Gebiete mit erhöhter Bodensalinität sind z. B. offene Lebensräume mit erhöhter Sonneneinstrahlung (NEMENZ 1975) und entsprechen somit den Habitatanforderungen einiger Arten sehr gut. Andererseits sind die trockenen, vegetationsfreien Salzstellen wie die Zickstellen im Seewinkel Extremlebensräume mit ungepufferten Temperatur- und Feuchteverhältnissen, auf denen sich nur wenige Arten behaupten können. Eine Besonderheit ist im flachen Seewinkel auch das kleinräumig verzahnte Mosaik von Senken und Erhebungen – der Wechsel zwischen Staunässe und Trockenheit übersteigt die ökologische Potenz vieler Arten, eröffnet aber für Spezialisten eine Nische.

Abb. 82: Die Knotenameise *Myrmica salina* erreicht in Salzlebensräumen ihre höchsten Nestdichten, da sie mit den Belastungen durch den hohen Salzgehalt und den Wechsel von extremer Trockenheit und Staunässe offenbar besser fertig wird als ihre Konkurrenten *(Foto: B. Seifert).*

„Die Salzameise"

Ein solcher Spezialist ist die oftmals als „halophil" bezeichnete orangerote Knotenameise *Myrmica salina* (Abb. 82), die eine der seltensten dieser Gattung überhaupt ist (SEIFERT 1988). Wie ihr Name schon andeutet, erreicht sie auf Binnensalzstellen wie im Seewinkel ihre größten Populationsdichten (SEIFERT 1988). Offenbar ist sie dem Stress, den dieser extreme Lebensraum mit sich bringt, besser gewachsen als andere Ameisenarten – und ihnen dadurch überlegen. Sie ist an die extremen Temperaturschwankungen im Tagesverlauf und den extremen Nass-/Trockenwechsel im Jahresverlauf auf den vegetationsarmen bis -freien Salzlebensräumen sehr gut angepasst (B. Seifert, mündl. Mitt.). Ihr Nest hat sie am Rande der vegetationsfreien Stellen, nahe einzelner Salzpflanzen. Diese echte Charakterart von Salzlebensräumen lebt in einer Ernährungsgemeinschaft mit der unterirdischen Wurzellaus *Geoica utricularia*, deren Galerien in ihr Nest integriert sind. Sie melkt ihre Haustiere – der zuckerreiche Läusekot ist eine hochwertige Nahrung, die Läuse wiederum bleiben dadurch sauber und werden von den Ameisen geschützt. *Myrmica salina* ist eine sehr aggressive Ameise, deren Überlegenheit in diesem extremen Lebensraum sich auch im Zweikampf gegen nah verwandte Arten wie *Myrmica rubra* und *Myrmica specioides* zeigt, die sie sogar oft tötet. In weniger extremen Bereichen der Salzlebensräume oder auch auf „gewöhnlichen" Halbtrockenrasen, wo Staunässe und Trockenheit nicht alternieren und sie sehr selten anzutreffen ist, wendet sich sich das Blatt: Sie ist dort eine unterlegene Art innerhalb der Gemeinschaft der Ameisen (SEIFERT 1988).

Mitten im Salz

Mit hoher Salinität sehr gut zurecht kommt auch die häufige, schwarzbraune Rasenameise *Tetramorium caespitum* (Abb. 83). Auch sie ist an extremen Salzstellen anzutreffen, als einzige Ameisenart baut sie im geneigten Ufer des Saliterteichs bei Zwingendorf ihre Nester sogar direkt in den sehr salzreichen, offenen Boden, inmitten der Salzausblühungen, hat dort also ihren Lebensmittelpunkt. Mit der Staunässe der Senken dürfte sie allerdings wesentlich schlechter zurechtkommen als *Myrmica salina*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Amazonen

In Salzlebensräumen kommt auch die anspruchsvolle, heute leider gefährdete leuchtend orangerote Amazonenameise *Polyergus rufescens* vor. Sie ist ein so genannter obligatorischer Sklavenjäger, der einige Arten der Gattung *Formica* im wahrsten Sinne des Wortes versklavt. Ihre Mandibeln sind zu zahnlosen, dolchartigen Kampfwerkzeugen geworden, zur eigenen Ernährung ist sie nicht mehr befähigt. Bei ganz bestimmter Witterung lassen sich beeindruckende Raubzüge beobachten, bei denen die ca. 1 cm großen Tiere in der Formation einer langen Kette in raschem Tempo oft weite Strecken zurücklegen. Mit einem Überraschungsangriff dringen sie in das Nest einer Wirtsameise ein und stehlen nach kurzem Kampf, bei dem sie die wenigen Gegner, die sich zur Wehr stellen, mit ihren Mandibeln durchbohren, ihre Puppen. Bei der Rückkehr, bei der jede Amazone mit einer hoch über den Kopf gehobenen Puppe alleine marschiert, vollbringen sie Meisterleistungen der Orientierung. Die Puppen werden dann im eigenen Nest zu Sklavenarbeiterinnen herangezogen, die alle Funktionen von Erhaltung des Nestes bis zur Pflege der Brut für die Amazonenameisen übernehmen und diese sogar füttern, während sie selbst bis zum nächsten Raubzug im Nest verharren (z. B. GRASSO et al. 1997).

Insgesamt sind sowohl die ausgedehnten Salzlebensräume des Seewinkels als auch die sehr kleinen Reste im nördlichen Weinviertel und bei Baumgarten an der March von Bedeutung für Ameisen. Die Flächenverluste der vergangenen Jahrzehnte haben zur Gefährdung einiger Ameisenarten beigetragen. Es liegt an uns, zu erhalten, was noch zu erhalten ist.

Abb. 83: Die Rasenameise *Tetramorium caespitum* ist eine häufige Ameise. Sie überrascht durch die Anlage von Nestern inmitten von Salzausblühungen *(Foto: B. Seifert)*.

Tab. 9: In Österreichs Salzlebensräumen nachgewiesene Ameisenarten, Gefährdungsstatus in Niederösterreich gemäß SCHLICK-STEINER et al. (2003): 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potenziell gefährdet, 5 = Gefährdungsgrad nicht genau bekannt, 6 = nicht genügend bekannt.

Wissenschaftlicher Name	Gefährdungsstatus NÖ
Formicidae	
Proceratium melinum (Roger)	5
Ponera coarctata (Latreille)	5
Myrmica gallienii Bondroit	1
Myrmica rubra Linnaeus	
Myrmica sabuleti Meinert	
Myrmica salina Ruzsky	1
Myrmica scabrinodis Nylander	
Myrmica schencki Emery	
Myrmica specioides Bondroit	3
Solenopsis fugax (Latreille)	6
Themnothorax crassispinus (Karawajew)	
Tetramorium caespitum (Linnaeus)	
Myrmecina graminicola (Latreille)	6
Tapinoma ambiguum Emery	4
Tapinoma erraticum (Latreille)	4
Camponotus piceus (Leach)	2
Polyergus rufescens (Latreille)	5
Lasius balcanicus Seifert	
Lasius distinguendus (Emery)	5
Lasius emarginatus (Olivier)	
Lasius flavus (Fabricius)	
Lasius fuliginosus (Latreille)	
Lasius meridionalis (Bondroit)	5
Lasius myops Forel	5
Lasius niger (Linnaeus)	
Lasius nitidigaster Seifert	5
Lasius paralienus Seifert	
Lasius rabaudi Bondroit	
Formica cunicularia Latreille	
Formica lusatica Seifert	
Formica pratensis Retzius	
Formica rufibarbis Fabricius	
Formica sanguinea Latreille	

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.7 Bienen und Wespen

von Karl Mazzucco

8.7.1 Einleitung

Halophilie von Wildbienen, Grab-, Weg- und Faltenwespen war bis jetzt in der Hymenopterologie weitgehend unbekannt. Zwar werden im amerikanischen Schrifttum die Bienen der Gattung *Nomia* als *„Alkali bees"* bezeichnet und MILNE & MILNE (1980) geben als Begründung für den Namen sinngemäß übersetzt *„weil sie gerne in ... alkalischen Böden nisten"* an, ansonsten aber finden sich in der Fachliteratur nur spärliche Vermerke über die Möglichkeit einer halophilen Lebensweise von Stachelhautflüglern. So geben z. B. TANÁCS & JÓZAN (1986) einen indirekten Hinweis auf die Halophilie der Blattschneiderbiene *Megachile deceptoria*, indem sie bei den Angaben über das Vorkommen ihres Brutschmarotzers, der Kegelbiene *Coelioxys polycentris* im ungarischen Kiskunság „Sodaflächen" als Lebensraum nennen, während GOGALA (1998) über eine andere seltene Blattschneiderbiene, *Megachile burdigalensis*, schreibt, er habe sie ausschließlich in einer *„salt marsh"* an der Salzpflanze *Lotus tenuis* (Salz-Hornklee) gefunden.

8.7.2 Ökologische Ansprüche

Das Vorkommen von Wildbienen und solitären Wespen innerhalb ihres Verbreitungsareals wird hauptsächlich durch das Vorhandensein eines geeigneten Mikroklimas, geeigneter Nistmöglichkeiten, eines entsprechenden Nahrungsangebotes für die Imagines und einer ausreichenden Futterdichte für die Verproviantierung der Nester bestimmt.

Viele Arten sind nur während eines relativ eng begrenzten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereichs aktiv. Dies bedingt, dass manche von ihnen nur während weniger Stunden am Tag, während kurzer Zeit im Jahr oder nur bei bestimmten Witterungsverhältnissen beobachtet werden können. Eine zweite mikroklimatisch „heikle" Phase scheint während der – meist kurzen – Larvalentwicklung aufzutreten, wie die sehr sorgfältige Auswahl des Nistplatzes nahe legt, während die im Verlauf der Metamorphose auftretenden Ruhestadien (z. B. die „Vorpuppe") unempfindlicher gegen Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit zu sein scheinen.

Nicht-parasitische Bienen und Wespen zeichnen sich durch ihre Brutvorsorge aus. Das heißt, es werden Nester angelegt und (meist) vor der Eiablage mit Larvennahrung verproviantiert. Viele Arten legen ihre Nester in der Erde („terrikol") an, wobei in diesem Fall oft große Spezifität hinsichtlich der Substratzusammensetzung, der Bewuchsdichte und der Neigung der Oberfläche zu beobachten ist.

Zur eigenen Energieversorgung werden Zuckerlösungen aufgenommen. Bei Bienen dient meist Blütennektar als Quelle, wobei die Blütenauswahl hauptsächlich durch die Rüsselmorphologie bedingt und gewöhnlich viel weniger eingeschränkt ist als beim Pollensammeln für die Larven. Auch Grab-, Weg- und Faltenwespen nutzen Blüten als Nektarquellen. Wegen ihrer im Allgemeinen kurzen Rüssel werden Doldenblütler, Wolfsmilch und Reseda bevorzugt. Zusätzlich haben für diese Gruppen Blattlausausscheidungen einen großen Stellenwert, sodass an blattlausbefallenen Holunderbüschen oft der größte Teil des vorkommenden Artenspektrums beobachtet werden kann.

Die Larvennahrung ist bei Wildbienen pflanzlicher Natur (Pollen, Nektar), wobei sie je nach Art an einer Pflanzenart allein („monolektisch"), an einer Pflanzengattung oder Familie („oligolektisch") oder an vielen verschiedenen Pflanzen („polylektisch") Pollen zur Verproviantierung des Nestes sammeln. Grab-, Weg- und Faltenwespen hingegen fangen je nach Art bestimmte Insekten oder Spinnen, lähmen diese und transportieren sie ins Nest. Wichtig ist, dass die Larvennahrung in genügender Dichte vorhanden ist und auf „kurzem Weg" erreicht werden kann, damit der Energieaufwand für das Sammeln begrenzt bleibt.

Manche Bienenarten benötigen zur Nestanlage Zusatzmaterialien. Blattschneiderbienen etwa tragen frisch abgeschnittene Blattstückchen ins Nest, in die Pollen und Nektar gefüllt werden. Es scheint eine

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

gewisse Artspezifität bei der Auswahl der Pflanzen zu herrschen, von denen die Blattstücke abgeschnitten werden.

8.7.3 Halophilie von Stachelhautflüglern

Von echter (direkter) Halophilie kann man bei terrikolen Stachelhautflüglern sprechen, wenn sie bevorzugt oder ausschließlich Salz-(Soda-)böden als Nistsubstrat wählen. Hymenopterennester reichen meist nicht tiefer als ca. 20 cm; deshalb sind es hauptsächlich die in der obersten Schicht mit Salz angereicherten Solontschak-Böden, in denen im pannonischen Raum halophile Arten Nester anlegen. Arten, die ausschließlich auf Salzboden nisten, sind als obligat halophil oder halobiont zu bezeichnen; Arten, die auch auf anderen Böden nisten können, Salzböden aber bevorzugen, als halophil im engeren Sinne; Arten, die gewöhnlich in anderen Substraten ihre Nester anlegen, jedoch auch Salzböden nutzen können, als halotolerant (betreffend Anpassungsmechanismen vgl. Kap. 3).

Daneben kann auch eine scheinbare Halophilie dadurch entstehen, dass Wildbienen für die Verproviantierung ihrer Larven oligo- oder monolektisch Pollen von halophilen Pflanzen sammeln, jedoch nicht in Salzböden nisten, dadurch aber eine Verbreitung aufweisen, die sich weitgehend mit der von Salzböden deckt.

8.7.4 Halophile Bienen und Wespen in Ostösterreich

Insgesamt 11 Arten von Stachelhautflüglern wurden bislang auf den Salzböden Ostösterreichs gefunden (vgl. Tab. 10). Neben sechs Bienenarten sind darunter drei Vertreter der Grabwespen und zwei Wegwespenarten, von denen eine allerdings „nur" als halotolerant zu bezeichnen ist. Die Zuordnung zu den Bindungsgraden an Salzboden ist nach den im pannonischen bzw. ostmediterranen Raum vorgefundenen Verhältnissen getroffen und als vorläufig zu betrachten. Insbesondere zwischen den Zuordnungen „halobiont" und „halophil" bzw. „halophil"

Tab. 10: Stachelhautflügler, die auf Salzböden in Ostösterreich nachgewiesen wurden.
SW: Seewinkel, WN: Westrand des Neusiedler Sees, ZW: Zwingendorf, BG: Baumgarten an der March;
*und andere Kreuzblütler (Brassicaceae); **und andere kleine Blüten.

	Vorkommen						
Name	**SW**	**WN**	**ZW**	**BG**	**Salzbindung**	**Futterpflanze**	**Nistweise**
Bienen							
Sandbiene	+	-	-	-	Halophyten	*Lepidium cartilagineum**	terrikol
Salz-Buntbiene	+	-	+	-	halobiont		terrikol
Soda-Kegelbiene	+	-	-	-	halobiont		Brutparasit
Furchenbiene	+	-	-	-	Halophyten	*Spergularia salina***	terrikol
Große Salz-Blattschneiderbiene	+	-	?	-	halobiont		terrikol
Dreibindige Sägehornbiene	+	-	+	+	Halophyten	*Odontites ruber*	terrikol
Kleine Schienenbiene	+	-	-	-	halotolerant		terrikol
Parammobatodes schmidti	+	-	-	-	halobiont		Brutparasit
Pasites maculatus	+	-	-	-	halophil		Brutparasit
Langhornbiene	+	-	-	-	Halophyten	*Inula britannica*	terrikol
Grabwespen							
Zweibinden-Knotenwespe	-	+	-	-	?		terrikol
Schwarze Salz-Silbermundwespe	+	-	-	-	halobiont		terrikol
Pontische Silbermundwespe	+	-	-	-	halobiont		terrikol
Wegwespen							
Eidechsentöter	+	-	-	-	halophil		terrikol
Anoplius infuscatus	+	+	+	-	halotolerant		terrikol

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

und „halotolerant" könnten sich bei Vorliegen umfangreicheren Beobachtungsmaterials noch Änderungen ergeben. Ergänzend sind in Tabelle 10 noch vier Bienenarten angeführt, die bevorzugt auf halophilen bzw. halotoleranten Pflanzen Pollen sammeln (vgl. Kap. 8.7.5). Von diesen Arten ist jedoch ein Nisten auf Solontschak-Böden nicht bekannt, sie können deshalb auch nicht als halophil bezeichnet werden.

Die häufigste halophile Stechimme, die im Zuge mehrerer Exkursionen an Salzstandorten Ost-Österreichs während der letzten Jahre nachgewiesen wurde, ist die **Salz-Buntbiene** *(Camptopoeum friesei)*. Diese kleine, hübsche, gelb-schwarz geringelte Biene (Abb. 84) mit im männlichen Geschlecht grünen Augen gehört zu den charakteristischsten Erscheinungen der Bienenfauna des burgenländischen Seewinkels und findet sich hier in allen Teilen des Gebietes (z. B. Birnbaumlacke, Lange Lacke, Illmitzer Zicksee, Oberstinkersee, Scheibenlacke, Seevorgelände am Ostufer). Nachdem die Halophilie von *Camptopoeum friesei* erkannt war, gelang es durch gezieltes Nachsuchen, die Art auch in Niederösterreich auf den Zwingendorfer Glaubersalzböden zu entdecken (SCHWARZ et al. 1999). Es handelt sich dabei, soweit derzeit bekannt, um das nordwestlichste Vorkommen der Buntbiene in Europa. *C. friesei* ist außerhalb Ostösterreichs bis jetzt nur von wenigen Fundorten bekannt, unter anderem aus der Slowakei über Ungarn, Serbien, Rumänien und Bulgarien bis zur Halbinsel Krim, der Ukraine und dem Kaukasus (FRIESE 1901, WARNCKE 1972, eigene Funde). Nahe verwandte Formen finden sich in Griechenland, Spanien und Italien.

Die jährliche Flugzeit der Art ist stark abhängig vom Wasserstand. Gewöhnlich sind ab Ende Juni die Nistplätze soweit trocken, dass die ersten Männchen schlüpfen können. Bei großer Nässe oder frühsommerlicher Trockenheit kann die Flugzeit aber auch bis zu 1½ Monate später beginnen. In Zwingendorf flog die Buntbiene rund einen Monat später als im Seewinkel.

Man findet die oligolektischen Tiere in der Nähe der Nistplätze oft auf Flockenblumen und Disteln, an denen beide Geschlechter Nektar saugen und die Weibchen Pollen sammeln. Die Art nistet gesellig (Abb. 85). Die Nester werden auf nicht oder schütter mit Salz-Kresse *(Lepidium cartilagineum)* bewachsenen So-

Abb. 84: Salz-Buntbiene *(Camptopoeum friesei) (Foto: P. Westrich).*

Abb. 85: Nester der Salz-Buntbiene (*Camptopoeum friesei) (Foto: K. Mazzucco).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

lontschakflächen mit unversehrter Oberfläche angelegt. Je nach Größe der Fläche kann eine Aggregation wenige (15-20) bis über 200 Nester enthalten. Wie bei den gesellig nistenden Hymenopteren üblich, patrouillieren die vor den Weibchen erscheinenden Männchen bei Sonnenschein um die Mittagszeit knapp über den Nestaggregationen und verdichten sich dort zu einem wirbelnden Schwarm, wo gerade ein Weibchen schlüpft – für den Naturbeobachter ein eindrucksvolles Schauspiel (Abb. 86). Ein Patrouillieren an den Nahrungs- bzw. Futterpflanzen wurde nicht beobachtet.

Als artspezifischer Brutparasit der Salz-Buntbiene fungiert ***Parammobatodes schmidti***, eine kleine, gedrungene, rötliche Kraftbiene, die sehr selten in den größeren Nest-Aggregationen (z. B. im Bereich der so genannten Hölle im Seewinkel) oder an deren Rand auf *Centaurea*-Blüten beobachtet werden kann. Diese Art ist nach Tieren aus dem Seewinkel beschrieben worden. In Zwingendorf konnte *P. schmidti* bis jetzt nicht gefunden werden.

Die **Große Salz-Blattschneiderbiene** (*Megachile deceptoria)*, die sich durch kräftige Mandibeln auszeichnet, war in Österreich bis vor kurzem nur einmal im Jahr 1952 bei Neusiedl nachgewiesen worden (SCHWARZ & GUSENLEITNER 1997). Intensive Nachforschungen auf den Solontschakflächen des Seewinkels ergaben zwei weitere Funde, nämlich ein an Salz-Hornklee *(Lotus tenuis)* sammelndes Weibchen nahe dem Zicksee bei Illmitz sowie ein inmitten einer Aggegation von Salz-Buntbienen ihr Nest bauendes Weibchen in der Hölle/Seewinkel. Wenn sie auch wegen der nordwestlichen Randlage innerhalb des Verbreitungsareals bei uns sehr selten ist, scheint sie doch zur bodenständigen Fauna des Seewinkels zu gehören. Die Salz-Blattschneiderbiene ist in Südosteuropa und über das Mediterran verbreitet, aber überall sehr selten. Einzelfunde stammen aus Südmähren und der Südslowakei (WARNCKE 1986). Auch in der Großen Ungarischen Tiefebene kann man die Art auf manchen Solontschakflächen häufig antreffen.

Abb. 86: Patroullierende Männchen der Salz-Buntbiene *(Camptopoeum friesei) (Foto: K. Mazzucco).*

Die Nester von *M. deceptoria* fanden sich im Zuge von Exkursionen in Ungarn auf schütter bewachsenen Solontschakflächen am Rande einer Sodalacke. Die beobachtete Nestansammlung scheint bei dieser Art weniger durch aktives Aufsuchen der Gesellschaft von Artgenossen (wie bei der Salz-Buntbiene) zustande zu kommen, als durch das gleichsinnige Auswählen des günstigsten Neststandortes durch mehrere Weibchen. Dem entspräche jedenfalls das Verhalten der Männchen, die nicht über der Aggregation, sondern an *Lotus tenuis* (Salz-Hornklee) patrouillieren. Auch in griechischen Salinen konnte der Autor die Art einzeln nistend finden.

Es gibt einen artspezifischen Brutschmarotzer an den Nestern der Großen Salz-Blattschneiderbiene, der erst einmal aus den Seewinkel nachgewiesen wurde: die **Soda-Kegelbiene** *Coelioxys polycentris*. Brutschmarotzer halten sich bei der Suche nach geeigneten Wirtsnestern im Allgemeinen länger an den Niststellen der Wirte auf als diese und werden dadurch dem Beobachter auffälliger. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass die Vorliebe oder Bindung des Schmarotzers an Salzböden früher erkannt wurde als die des Wirtes (TANÁCS & JÓZAN 1986).

Die **Kleine Schienenbiene** *(Nomia diversipes)* besiedelt das Nordmediterran (nördlichste Funde Südtirol, Aostatal, Wallis), nach Osten zu kommt sie bis Ostkasachstan vor, nach Süden zu bis Israel. Im Seewinkel wurde die Art vor 1940 einige Male bei Neusiedl gefunden (EBMER 1988). Seitdem scheint sie aus dem Gebiet des Neusiedler Sees verschwunden zu sein. Über das pannonische Becken gelangt sie

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

vereinzelt bis in die Südslowakei und nach Südmähren (WARNCKE 1976, 1979, 1986), doch scheinen alle nördlichen Fundorte nicht permanent zu bestehen.

Die Kleine Schienenbiene findet sich zwar häufig auf Salzböden, geht aber – besonders im Süden – weit über diese Standorte hinaus und kommt auch in anderen Lebensräumen vor, was sich schon aus der Verbreitung herauslesen lässt. Nester fand der Autor in der Saline von Samos (Griechenland) sowie im Delta des Kücük Menderes (Türkei), meist einzeln auf nackter Erde neben der Grauen Gliedermelde *(Arthrocnemum glaucum)* bzw. dem Queller *(Salicornia prostrata)*. Lediglich einmal lagen zwei Nester nur ca. 15 cm nebeneinander. Als Brutparasit fungiert die Kraftbiene *Pasites maculatus.*

Eine Rarität unter den Grabwespen ist die **Schwarze Salz-Silbermundwespe** *(Lindenius mesopleuralis)*, die erst vor wenigen Jahren vom Autor für Österreich „wiederentdeckt" werden konnte. Bis vor kurzem kannte man nur ein einziges Exemplar dieser Art aus Österreich, das 1955 im *„Neusiedlerseegebiet"* gefangen worden war (DOLLFUSS 1991). Aus Ungarn fehlten überhaupt jegliche Nachweise. Funde in Griechenland und der Türkei führten zu einer intensiveren Suche nach der Art auch im burgenländischen Seewinkel und im ungarischen Kiskunság, wo der Autor tatsächlich an geeigneten Solontschakstellen eine große Zahl von Exemplaren beiderlei Geschlechts, und zwar streng an die Sodastellen gebunden, fand (Abb. 87). Die kleine schwarze Wespe ist von Zentralasien bis in das Westmediterran verbreitet (BITSCH & LECLERCQ 1993), überall jedoch so selten, dass nur wenige Hymenopterologen sie selbst gefunden haben.

Abb. 87: Pontische Silbermundwespe *(Lindenius parkanensis,* Männchen) bei der Inspektion von Nestern; Seewinkel, August 2000 *(Foto: K. Mazzucco).*

Der Beginn der Flugzeit schwankt von Jahr zu Jahr – in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit, wie bei anderen Salzhymenopteren – stark. Nach eigenen Beobachtungen erscheinen jahreszeitlich zuerst die Männchen und untersuchen vormittags, aber auch später am Nachmittag intensiv Löcher und Spalten in den Sodaflächen. Während dieser Zeit fällt die Grabwespe dem Beobachter am ehesten auf. Anders als ihr „Nachbar" *Camptopoeum friesei* scheint die Schwarze Salz-Silbermundwespe die heißesten Mittagsstunden in der Erde zu verbringen, wobei von unten als Verschluss etwas lockere Erde in den Eingang geschoben wird. Die Nester werden meist in der Nähe von Büscheln der Salz-Kresse, manchmal auch direkt darunter, ausgeschachtet. Der zunächst feuchte Auswurf trocknet rasch und wird schnell vom Wind verweht, sodass später nur mehr der 2–3 mm breite, unauffällige Eingang im Boden zu sehen ist. Als Larvenproviant werden am Neusiedler See Zuckmücken eingetragen.

Die kleine Schwester der vorhergehenden Art, die **Pontische Silbermundwespe** *(Lindenius parkanensis)*, hat eine rein pontisch-pannonische Verbreitung. Sie wurde bis jetzt insgesamt nur in wenigen Exemplaren in Ungarn, Rumänien, Südrussland und der Südslowakei gefunden (BALTHASAR 1972, BITSCH & LECLERCQ 1993). Aus Ostösterreich waren bislang zwei Funde aus dem Seewinkel/Burgenland bekannt (DOLLFUSS et al. 1998). Im Zuge von Exkursionen während der letzten Jahre gelangen zahlreiche neue Nachweise an verschiedensten Salzstellen des Seewinkels, z. T. gemeinsam mit der Schwarzen Salz-Silbermundwespe, teils aber auch etwas höher als diese auf Wegen entlang von Lackenrändern nistend. In den Salzgebieten bei Zwingendorf blieben alle bisherigen Nachforschungen ergebnislos. Die Flugzeit dürfte kürzer sein als die von *L. mesopleuralis*. Ansonsten ist über die Biologie der Pontischen Silbermundwespe nichts bekannt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Eine von Südeuropa und Nordostafrika bis Korea verbreitete Art ist die **Zweibinden-Knotenwespe** *(Cerceris bicincta)*. Nach Nordwesten strahlt diese Grabwespe bis in die Südslowakei aus, im pannonischen Becken wurde sie jedoch insgesamt ziemlich selten gefunden. Die Verbreitung deckt sich hier hauptsächlich, möglicherweise aber nicht ausschließlich, mit der Verbreitung der Sodaböden. Aus dem Seewinkel liegt nur ein Fund bei Winden aus dem Jahr 1959 vor (DOLLFUSS et al. 1998). Seitdem ist diese Grabwespe in Österreich verschollen.

Die wunderschöne gelb-schwarze, große Wegwespe mit dem Furcht einflößenden Namen **Eidechsentöter** *(Batozonellus lacerticida)* wurde früher im burgenländischen Seewinkel und in Oberweiden im Marchfeld (fraglicher Nachweis) gefunden (PRIESNER 1969). In jüngerer Zeit gelangen auch Nachweise in der Umgebung von Illmitz im Seewinkel (H. Wiesbauer, mündl. Mitt.). Die Gesamtverbreitung der Eidechsenwespe ähnelt derzeit jener der Kleinen Schienenbiene, ihr Areal reichte jedoch früher weiter nach Norden: In der ehemaligen DDR scheint sie nicht selten gewesen zu sein, auch aus Bayern waren Vorkommen bekannt. Diese nördlichen Verbreitungsinseln sind bis Ende der 1960er Jahre erloschen (z. B. SCHMID-EGGER & WOLF 1992). Bemerkenswert ist, dass die im Norden gefundenen Exemplare allesamt Sandhabitate bewohnten. Auch aus Ungarn sind Funde auf Sand bekannt geworden (MÓCZAR 1986). Die eigenen Funde aus Ungarn oder auch Griechenland stammten demgegenüber nicht aus Dünen- und Sandgebieten, sondern vom Rand einer Sodalacke. Ebenso sind sie in Griechenland in Salinen und auf anderen Salzflächen nicht selten zu finden. Eine mögliche Erklärung für diese wechselnden Lebensraum-Präferenzen könnte sein, dass die Art während der Larvalentwicklung stark wärme-, aber auch feuchtigkeitsbedürftig ist. Wegen der besonderen thermischen Eigenschaften von Sandstandorten nisten mediterrane Arten, die im Süden nicht auf Sandsubstrate spezialisiert sind, im Norden oft – manchmal ausschließlich – im Sand (WIESBAUER & MAZZUCCO 1997). Nach Osten und Süden hingegen wird zunehmend die Feuchtigkeit zum Mangelfaktor. Böden mit oberflächlicher Salzkruste halten lange eine gewisse Feuchtigkeit, was ausschlaggebend für deren Besiedlung sein könnte (mögliche Erklärung für regionale Halophilie!).

Nach H. Wiesbauer (mündl. Mitt.) nistet die Eidechsenwespe in Ungarn sehr weit gegen das offene Wasser zu in feuchten und etwas schlickigen Bereichen. Es wurden dort (wie auch im Seewinkel) ausschließlich Zebraspinnen *(Argiope bruennichi)* als Larvennahrung eingetragen. Die Bauten werden mit Lehmklumpen verschlossen, die mit rasch stampfenden Bewegungen der Spitze des nach unten gekrümmten Hinterleibs festgepresst werden – ein Verhalten, das eher lehmigem als sandigem Baumaterial entspricht.

Als letzte der halophilen Stechimmen ist die Wegwespe ***Anoplius infuscatus*** zu erwähnen. Diese Art nistet als einzige der zahlreichen bei uns vorkommenden rot-schwarzen und schwarzen Wegwespen in größerer Zahl auf den Solontschak- und anderen Salzflächen. Sie ist an solchen Standorten im Seewinkel sowie auf den Zwingendorfer Glaubersalzböden überall zu finden. Im übrigen österreichischen Pannonikum hingegen fehlt sie weitgehend. Weiter westlich, z. B. in Oberösterreich, ist sie jedoch auf Lehmböden häufig (PRIESNER 1968). Die Bevorzugung von Salzstandorten im österreichischen Pannonikum kann daher als regionale Halophilie, ein Sonderfall der regionalen Stenözie (KÜHNELT 1943) gedeutet werden.

Anoplius infuscatus bewohnt die gesamte Paläarktis und weicht mit dieser Verbreitung vollkommen von allen anderen bisher besprochenen Salzbewohnern ab. SCHMID-EGGER & WOLF (1992) geben als Habitate für Baden-Württemberg Lehm- und Kiesgruben, Gärten, lichte, strukturreiche Wälder, offene Stellen am Rhein sowie Lößgebiete der Vorbergzone in Südbaden, weiters auch Sandgebiete an. Wie die meisten anderen *Anoplius*-Arten ist auch diese offenkundig feuchtigkeitsliebend, ein Anspruch, dem im atlantisch beeinflussten Westen oder im Norden viele Lebensräume entsprechen. Im kontinental beeinflussten Osten hingegen dürften nur wenige Standorte, z. B. Solontschakböden, zum Nisten geeignet zu sein. Die Wespen erscheinen auf den Salzflächen erst, wenn die Strahlungsintensität gemildert ist, also bei bewölktem Himmel oder gegen Abend. Als Larvenfutter werden gelähmte Spinnen eingetragen.

Eine Reihe weiterer halophiler pannonischer Bienen und Wespen wurde in Österreich bislang noch nicht nachgewiesen, ein vereinzeltes Vorkommen in den

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Randgebieten wäre jedoch durchaus möglich. Dazu zählen beispielsweise die im Pannonikum verbreiteten halobionten Arten Salz-Schmalbiene *Lasioglossum mandibulare* (Morawitz, 1866) und Salz-Schienenbiene *Nomia unidentata* (Olivier, 1811) sowie die zumindest regional halophile Knotenwespe *Cerceris rubida* (Jurine, 1807) und die große, schöne Faltenwespen-Art *Tropidodynerus interruptus* (Brullé, 1832).

8.7.5 Bienen, die monolektisch auf halophilen (halotoleranten) Pflanzen sammeln

Einige Bienen-Arten sind regelmäßig an ostösterreichischen Salzstandorten anzutreffen, weil sie an Pflanzen Pollen sammeln, die bevorzugt auf schwach salzigen Böden wachsen (vgl. Tab. 10). Die Dreibindige Sägehornbiene (*Melitta tricincta)* z. B. nutzt ausschließlich Pollen des Roten Zahntrosts *(Odontites vulgaris)* und ist deshalb zur Blütezeit dieser Pflanze häufig im burgenländischen Seewinkel, aber auch am Dorfteich von Zwingendorf im Pulkautal und in Baumgarten an der March (Abb. 88) anzutreffen.

Die Langhornbiene *Tetralonia alticincta* wiederum sammelt am Wiesen-Alant *(Inula britannica)* und ist deshalb im Seewinkel weit verbreitet. An den niederösterreichischen Salzstellen wurde sie noch nicht gefunden.

Einige ansonsten poly- oder oligolektische Bienen haben sich im Seewinkel auf Halophyten spezialisiert: Die Furchenbiene *Halictus smaragdulus*, die nur an ganz wenigen Stellen vorkommt, besucht dort fast ausschließlich Strand- und Salz-Schuppenmiere *(Spergularia marina, S. salina).* Die kleine Sandbiene *Andrena niveata*, gewöhnlich oligolektisch an Brassicaceen zu finden, sammelt im Seewinkel bevorzugt an der Salz-Kresse. Alle vier Arten gehören im Seewinkel wohl zu den Hauptbestäubern der genannten Pflanzen.

8.7.6 Zusammenfassende „Bewertung" der österreichischen Salzstandorte: Seewinkel im Vergleich zu Zwingendorf und Baumgarten an der March

Rund zwei Drittel der 16 in der Großen Ungarischen Tiefebene auf Solontschak nistenden halobionten bzw. halophilen Stachelhautflügler sind auch im Seewinkel nachgewiesen worden, nur zwei Arten scheinen in den letzten Jahren verschwunden zu sein. Dies spricht dafür, dass die Salzlebensräume im nördlichen Burgenland noch genügend vernetzt und intakt sind, sodaß sich ausreichend große Populationen von salzbewohnenden Bienen und Wespen halten können.

Nur ein Fünftel der pannonischen Salzbewohner unter den Stachelhautflüglern hat auch die südmährisch-Pulkautaler Salzstandorte erreicht: Salz-Buntbiene, Große Salz-Blattschneiderbiene und Kleine Schienenbiene. Davon konnten in den letzten Jahren zwei Drittel der Arten nicht mehr gefunden werden. Eine Entwicklung, die die starke Zerstörung und Fragmentierung dieser Salzböden widerspiegelt und in der Flora ihre Entsprechung hat.

Die Salzböden bei Baumgarten an der March haben keine Solontschak-Ausprägung und sind daher für Salzhymenopteren weniger geeignet. Es wurde bis jetzt auch keine halobionte bzw. halophile Art nachgewiesen. Die dort betriebene Intensivbeweidung mit Galloway-Rindern sorgt außerdem für eine Blütenarmut, die blütenbesuchenden Insektenarten eine Existenz nahezu unmöglich macht.

Abb. 88: Sägehornbiene *(Melitta tricincta) (Foto: K. Mazzucco).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.8 Laufkäfer

von Klaus Peter Zulka

8.8.1 Einleitung

Laufkäfer (Carabidae) erfreuen sich bei Insektensammlern seit jeher besonderer Beliebtheit und gehören daher zu denjenigen Gruppen unter den wirbellosen Tieren, die am besten bekannt und erforscht sind. Mit etwa 660 Vertretern in Österreich erreichen die Laufkäfer eine größere Artenfülle als sämtliche Wirbeltiere zusammen. Die Spannweite der Körpergrößen reicht vom 2 mm kleinen Flussufer-Lückenbewohner bis zum fast 5 cm langen Lederlaufkäfer *(Carabus coriaceus)*.

Wie ihr Name schon andeutet, sind Laufkäfer meist zu Fuß unterwegs. Das bedeutet allerdings nicht, dass nicht manche Arten auch sehr gut fliegen könnten. Je nach der Stabilität des Lebensraumes dominieren entweder störungstolerante Pionierarten, die fliegend sehr rasch kurzlebige Standorte besiedeln und damit Schwankungen der Umweltbedingungen sehr gut gerecht werden können, oder aber flugunfähige Arten mit geringer Reproduktionsrate aber hoher Konkurrenzfähigkeit. Die meisten Laufkäfer sind Bewohner der Streu und der Bodenoberfläche, es gibt aber auch grabende Arten, ja sogar Arten, die im Kronendach der Bäume leben. Ebenso divers sind die Ernährungstypen; die meisten Arten sind Fleischfresser, es gibt aber auch Arten wie den Getreidelaufkäfer (*Zabrus tenebrioides)*, die sich ausschließlich von pflanzlicher Kost ernähren. Arten der Gattungen *Harpalus* und *Amara* leben als Imagines von Samen.

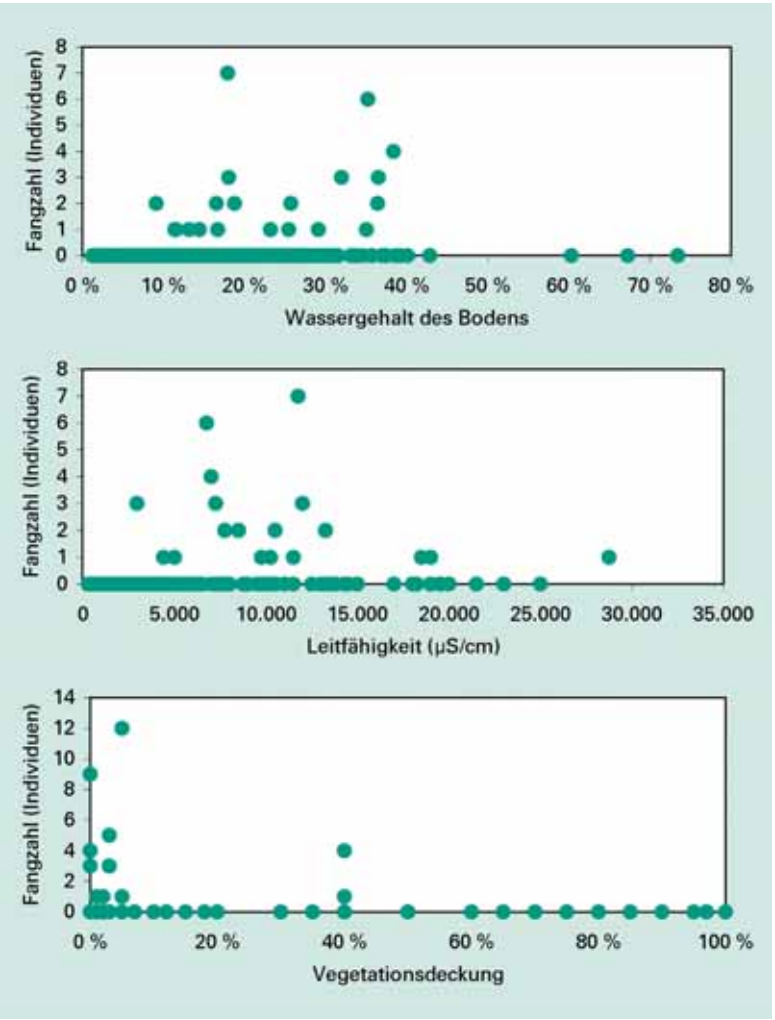
Salzböden stellen hohe Ansprüche an boden- und oberflächenbewohnende Tierarten. Die Arten müssen mit den großen Schwankungen der Ionenkonzentration im umgebenden Milieu zu Rande kommen. Nur wenige Tiergruppen haben Vertreter hervorgebracht, die dazu in der Lage sind. Im Gegensatz dazu ist der Prozentsatz Salzboden-gebundener Arten bei den Laufkäfern relativ hoch. So sind zum Beispiel von den 33 Arten der Gattung *Dyschirius* (Handläufer) in Mitteleuropa 15 Arten auch auf salzigen Böden anzutreffen (KOCH 1989). Die Laufkäferfauna der Ufer von Salzgewässern ist oftmals nicht artenärmer als jene von Süßgewässern.

Salzböden sind in Österreich sehr fleckenhaft und kleinräumig verbreitet, und Gleiches gilt für die salzgebundenen Laufkäfer. Eine große Anzahl von salzabhängigen Laufkäfer-Arten kommt in Österreich nur im Bereich des Neusiedler Sees, insbesondere im Seewinkel, vor. Kleines Areal, ein hochgradig fragmentierter Lebensraum, extrem schwankende Lebensraumbedingungen: Da verwundert es nicht, wenn Laufkäfer auf der Roten Liste prominent vertreten sind. 16 % aller Laufkäfer-Arten, die in Österreich auf der Roten Liste geführt werden, sind an Salzstellen gebunden (KIRSCHENHOFER & REISER 1994). Die weitere Entwicklung der Salzstandorte entscheidet somit über das Schicksal von einem Sechstel der Arten der Roten Liste und etwa 4 % der gesamten österreichischen Laufkäferfauna.

Der Seewinkel war schon früh das Ziel von Sammlern und Ökologen, was mit dazu beitrug, dass die Laufkäferfauna dort relativ gut bekannt ist (z. B. REDTENBACHER 1874, GANGLBAUER 1892, HOFFMANN 1925a, 1925b; MACHURA 1935a, MACHURA 1935b, MAZEK-FIALLA 1936, FRANZ et al. 1937, TRUMLER 1947, FRANZ & BEIER 1948, SAUERZOPF 1959c, FRANZ 1964, SCHWEIGER 1990, zusammengefasst in FRANZ 1970, LÖFFLER 1982). Der Forschungsbedarf im Zuge der Einrichtung des Nationalparks „Neusiedler See – Seewinkel" brachte eine weitere Serie von Untersuchungen hervor (LETHMAYER 1992, LÖFFLER 1993a, GEISER 1993, MILASOWSZKY & ZULKA 1994, AGNEZY 2003). Im Gegensatz dazu sind über die Salzlebensräume Zwingendorf und Baumgarten in carabidologischer Hinsicht fast gar keine Informationen verfügbar.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 89: *Calomera littoralis nemoralis* aus dem Seewinkel. Präparat auf Glasgranulat *(Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997)*.



8.8.2 Die Akteure

Im Folgenden werden zunächst die wichtigsten und auffallendsten salzbodenbewohnenden Laufkäfer vorgestellt.

Dolche aus dem Hinterhalt: der Sandlaufkäfer *Calomera littoralis nemoralis*

Sandlaufkäfer bringen mit ihren bunten Farben (Abb. 89), ihren bizarren Werkzeugen und ihrer spektakulären Lebensweise einen Hauch Exotik in die ostösterreichische Kulturlandschaft. Die meisten Arten der Sandlaufkäfer leben, wie schon der Name andeutet, in trockenen, oft sandigen Lebensräumen. Es gibt allerdings auch eine Art, die an den Salzufern des Seewinkels vorkommt, der Sandlaufkäfer *Calomera littoralis nemoralis*.

Die Larven dieses Sandlaufkäfers leben in selbst gegrabenen Röhren, die oft in unmittelbarer Wassernähe liegen. Sie müssen offensichtlich über eine beträchtliche Überflutungstoleranz verfügen. Die Larve lauert an der Röhrenöffnung. Ihr Kopf hat dabei die Form eines Deckels, der die Röhre abschließt. Die Kiefernzangen sind lang sichelförmig. Die Tarnung hat meistens Erfolg. Der Röhrendeckel erweist sich als tödliche Falle für kleine Insekten, die arglos über die vermeintlich homogene Bodenoberfläche spazieren und von den Kieferzangen aufgespießt werden.

Die erwachsenen Käfer bewohnen hauptsächlich vegetationsfreie Ufer; Bereiche mit sehr hoher Salinität werden dabei nicht gemieden (Abb. 90). Sandlaufkäfer sind im Gegensatz zu den meisten Laufkäfern sehr fluglustig. Einen Sandlaufkäfer mit der Hand zu fangen ist sehr schwierig, da die Tiere normalerweise bei Annäherung sofort davonfliegen. Feinde müssen die wehrhaften, schwer bewaffneten Käfer (Abb. 91) nur wenige fürchten, die Südrussische Tarantel gehört wohl dazu, wenngleich die Behaup-

Abb. 90: Vorkommen des Sandlaufkäfers *Calomera littoralis nemoralis* entlang der drei Umweltgradienten Wasser, Salz und Vegetationsdeckung. Die Art bevorzugt offene Ufer mittleren bis sehr hohen Salzgehaltes *(Grafik: K. P. Zulka)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 91: Mit diesen Kieferzangen braucht *Calomera littoralis nemoralis* eigentlich einen Waffenschein. Präparat auf Glasgranulat *(Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997).*

Abb. 92: Vorderbein des grabenden Laufkäfers *Scarites terricola (Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997).*

tung, die Tarantel ernähre sich vorwiegend von den Imagines dieser Art (MACHURA 1935a, p. 583), doch übertrieben erscheint.

Aktuell ist *Calomera littoralis nemoralis* in Österreich nur im Seewinkel anzutreffen. In seiner Revision des Komplexes der Formen um *Cicindela lunulata* berichtet MANDL (1981) aber von einer Population dieses Sandlaufkäfers, die an den Ufern des südmährischen Eisgrubteichs zwischen Lednice und Valtice nahe der niederösterreichischen Grenze lebte und zu 90 % aus völlig schwarzen Individuen bestand. Er benannte diese Tiere als eigene Unterart nach dem deutschen Namen Feldsberg für Valtice als *Cicindela nemoralis feldsbergensis* und interpretiert das Vorkommen als so genannten „Gründereffekt": Eine neue lokale Population wurde durch wenige Individuen begründet, die nur einen Bruchteil der genetischen Variabilität der Ausgangspopulation repräsentieren. Genetische Drift und lokale Sektionsbedingungen können so leicht zur Herausbildung einer besonderen Form führen. Mittlerweile gilt die Population am Eisgrubteich als erloschen, das Beispiel zeigt aber, dass eine Besiedlung der Salzlebensräume im nördlichen Niederösterreich grundsätzlich im Bereich des Möglichen liegt.

Mit Meißel und Schaufel: die Grabläufer

Zu den charakteristischen Arten des Salzlackenstrandes gehören Laufkäfer, die äußerlich vom Grundbauplan der Gruppe einigermaßen abweichen und sich somit schon bei oberflächlicher Betrachtung als spezialisierte Arten zu erkennen geben. Ihr Kopf ist groß und keilförmig, die Mundwerkzeuge sind oft lang vorgestreckt, die Unterschenkel sind verbreitert und mit zahlreichen Dornen und Auswüchsen versehen (Abb. 92). Das Bruststück ist vom Hinterleib halsartig abgeschürt, was gute Beweglichkeit in der gegrabenen Röhre gewährleistet.

Vertreter der Gattungen *Scarites*, *Clivina* und *Dyschirius* entsprechen diesem Schema und werden in einer eigenen Unterfamilie als **Grabläufer** (Scaritinae) zusammengefasst (FREUDE 1976). Es wurde sogar schon vorgeschlagen, sie als eigene Familie anzusehen (IENIŞTEA 1979). Neuere Untersuchungen (MADDISON et al. 1999) zeigten allerdings anhand von chemosystematischen Merkmalen, dass die Gattungen nicht einmal besonders nah miteinander verwandt sind. Offensichtlich sind die Ähnlichkeiten in der Körperform durch die Anforderungen des Mediums bedingt und somit als Konvergenzen aufzufassen.

Viele ältere Autoren (z. B. von LENGERKEN 1929) gingen dabei von der Annahme aus, dass die auffallend schaufelartigen Vorderbeine der Grabläufer die entscheidende Rolle spielen, wenn sich die Käfer in

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

den Boden eingraben. BRO-LARSEN (1936) konnte allerdings beobachten, dass die meisten Arten ihre Kieferklauen, die Mandibeln, zum Graben verwenden. Sie werden wie ein Keil oder eine Schaufel in den Sand hineingesteckt. Mit einer ruckartigen Rückwärtsbewegung des ganzen Vorderkörpers werden dann die Sandkörner losgerissen, auf der Kopfoberfläche gesammelt und entweder am Röhrenausgang deponiert oder in die Röhrenwand einmodelliert. Dabei ist der halsartig abgeschnürte Vorderkörper, aber auch die breite kugelgelenksartige Verbindung zwischen Kopf und Vorderbrust von großer Bedeutung. Die verbreiterten, mit Zähnchen und Widerhaken ausgestatteten Vorderbeine verwendet der Käfer dagegen hauptsächlich dazu, sich an den Röhrenwänden abzustemmen. Dass sich gerade innerhalb der Grabläufer viele halophile Arten finden, ist wohl kein Zufall, bedingt doch der Salzgehalt gute Bindigkeit des Bodens und gute Stabilität der selbstgegrabenen Röhren.

Die kleinsten Grabläufer kommen aus der Gattung *Dyschirius*, auf Deutsch Handläufer. Der griechische Name nimmt auf die asymmetrische Ausformung der Grabbeine Bezug. Der häufigste salzbodenbewohnende Handläufer ist *Dyschirius salinus*. Er ist an den meisten Salzlacken des Seewinkels anzutreffen und lebt hier vor allem an offenen Ufern, ist aber auch in den Lückenräumen der Tonschollen fernab vom Wasser nach Trockenfallen der Lacke zu finden. In der Körpergröße und im allgemeinen Aussehen sehr ähnlich ist der Handläufer *Dyschirius chalybaeus gibbifrons.* Er kommt oftmals näher der Wasserlinie vor. *Dyschirius pusillus*, ein extrem langgestreckter Grabläufer, lebt auch an extrem salzigen Stellen, so genannten Salzausblühungen (Tab. 11). *Dyschirius chalceus* und *Dyschirius strumosus* gehören mit 5 bis 6 mm Körperlänge zu den größeren Vertretern der Gattung. Beide Arten konnten wir nur in Einzelexemplaren finden (MILASOWSZKY & ZULKA 1994), eines der Exemplare von *Dyschirius strumosus* stammte von der völlig verschilften Innenzone der Moschadolacke. *Dyschirius globosus* kommt in allen möglichen Lebensräumen vor und zeigt normalerweise keinerlei Salz-Affinität, ist aber im Seewinkel auch an Stellen mit erhöhtem Bodensalzgehalt anzutreffen (Tab. 11). Diese Toleranz gegenüber Salz zeigt die Art auch an Salzstellen in Thüringen (SPARMBERG et al. 1997).

Tab. 11: Salzgehalte der *Dyschirius*-Lebensräume im Seewinkel.

Art	Leitfähigkeit µS cm^{-1} (Median der Fundorte)	Anzahl Fundorte
Dyschirius pusillus	8.000	9
Dyschirius chalceus	4.400	5
Dyschirius salinus	3.513	40
Dyschirius chalybaeus gibbifrons	2.913	10
Dyschirius strumosus	2.713	4
Dyschirius globosus	2.675	24
Dyschirius rufipes	2.250	1
Dyschirius laeviusculus	1.200	4

Am Y sollt ihr ihn erkennen

Ähnlich wie die Arten der Gattung *Dyschirius* wirkt auch die Gattung *Clivina* in ihrem Körperbau für das Leben im Boden prädestiniert. Von den drei Arten, die in Mitteleuropa vorkommen, ist die Art *Clivina ypsilon* an Salzböden gebunden. Sie lebt in Südeuropa (APFELBECK 1904, JEANNE & ZABALLOS 1986), Nordafrika und Asien und wird in älteren Publikationen auch für den Seewinkel angegeben (z. B. FRANZ & BEIER 1948). In neueren Aufsammlungen (LETHMAYER 1992, LÖFFLER 1993, GEISER 1993, MILASOWSZKY & ZULKA 1994) war die Art nicht vertreten. Der übliche Nekrolog, der lokales Aussterben einer charakteristischen Art auf die veränderte Lebensraumbedingungen, landwirtschaftliche Nutzung einer Landschaft oder ganz allgemein das Wirken des Menschen zurückführt, schien auch für diese Art bereits vorformuliert zu sein.

Mittlerweile ist der Käfer im Zuge von Projektarbeiten am Oberstinkersee im April 2001 allerdings wieder aufgetaucht. Dennoch ist die Art als einer der seltensten Laufkäfer des Seewinkels einzuschätzen. Wenigstens seine Identifizierung ist ein einigermaßen unproblematisches Unterfangen: Auf dem Halsschild des Tieres ist ein deutlich sichtbares Y eingraviert (Abb. 93 auf der nächsten Seite).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 93: Wenn doch nur alle Laufkäfer ihren Namen auf dem Halsschild mit sich trügen! *Clivina ypsilon* gibt sich mit charakteristischer Halsschildskulptur leicht zu erkennen *(Foto: K. P. Zulka, 19.8.2004)*.

King Kong am Salzlackenstrand

Die Handläufer der Gattung *Dyschirius* teilen ihren Lebensraum mit einem Käfer von sehr ähnlicher Körperform, aber vergleichsweise gigantischen Ausmaßen: *Scarites terricola* (Abb. 94). Dieser Käfer erreicht 2 cm Körperlänge und ist damit ein veritabler Riese im Gegensatz zu den *Dyschirius*-Arten, die nur wenige Millimeter messen.

Arten der Gattung *Scarites* leben im Mittelmeergebiet und in wärmeren Regionen. Bereits im 19. Jahrhundert wurde *Scarites terricola* von Miller im Neusiedler See-Gebiet nachgewiesen (REDTENBACHER 1874), schien dann aber in der Zwischenkriegszeit aus dem Gebiet verschwunden. HOFFMANN (1925a), der Anfang des 20. Jahrhunderts das Gebiet sehr gründlich besammelt hat und viele Arten, die heute absolute Raritäten sind, noch als häufig klassifiziert,

Abb. 94: *Scarites terricola:* Vorderkörper, Präparat auf Glasgranulat *(Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997)*.

erwähnt die Art überhaupt nicht. Spätere systematische ökologische Erhebungen (MACHURA 1935a, b, MAZEK-FIALLA 1936, FRANZ et al. 1937) erbrachten auch keine weiteren Nachweise, weshalb die Art im Seewinkel als ausgestorben galt (HORION 1941).

In den 1950er Jahren wurde *Scarites terricola* im Seewinkel wiederentdeckt. HORION (1970) vermutet, der Käfer sei aus ungarischen Salzgebieten bei Budapest und Debrecen wieder neu in den Seewinkel eingewandert. Das würde bedeuten, dass der flugfähige Käfer große Entfernungen zwischen geeigneten Lebensräumen zu überbrücken in der Lage wäre.

In Österreich gehört *Scarites terricola* zu den seltensten Laufkäfern. Im Bodenkorngröße-Gradienten des Seewinkels besiedelt die Art sowohl als Larve wie auch als erwachsener Käfer ausschließlich Böden mit einem Sandgehalt von mehr als 80 % (Abb. 95 auf der nächsten Seite). Anders als die kleinen *Dyschirius*-Arten, die auch die Lückenräume schluffiger und toniger Böden nutzen können, ist *Scarites terricola* vermutlich auf weiche Böden zur Anlage seiner großen Wohnröhren angewiesen. Sandige Ufer von Salzlacken sind in Österreich nur am Seedamm am Ostufer des Neusiedler Sees anzutreffen. Die verfügbare Habitatfläche der Art ist damit schon aus bodenkundlichen Gründen äußerst beschränkt. Somit

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

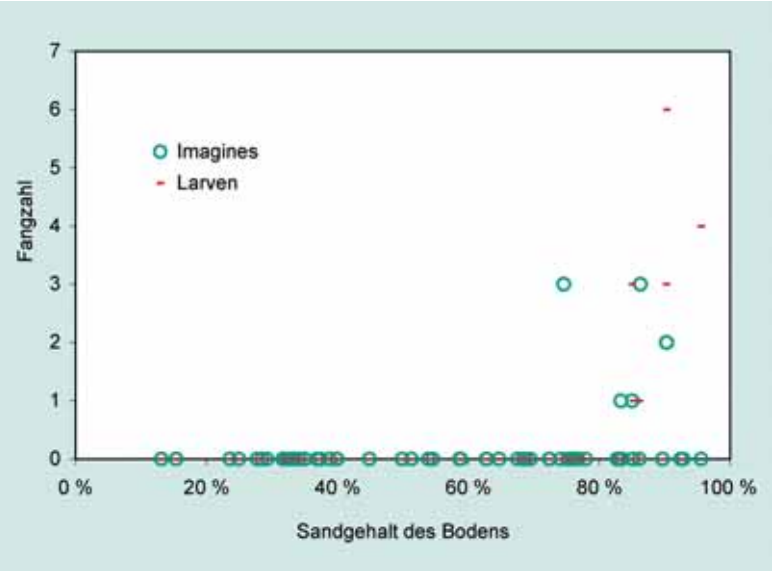


Abb. 95: Bodenkorngröße der Salzlebensräume, in denen Larven und Imagines von *Scarites terricola* vorkommen. Sandgehalt meint den Gewichtsanteil aller Sandfraktionen (Fein-, Mittel- und Grobsand) an der Gesamtmasse des Bodens *(Grafik: K. P. Zulka).*

erscheint die Einstufung in die höchste Gefährdungskategorie auf der letzten Roten Liste (KIRSCHENHOFER & REISER 1994) voll gerechtfertigt.

Angriff ohne Deckung: die Ahlenläufer

Laufkäfer der Gattung *Bembidion* sind der Prototyp des optisch jagenden, tagaktiven Laufkäfers (vgl. BAUER 1975). Die riesigen Facettenaugen nehmen die ganze Kopfhälfte ein und gestatten die genaue Orientierung beim Fang eines Beutetiers. Dies setzt allerdings einen offenen, übersichtlichen Lebensraum voraus; wohl nicht zufällig haben *Bembidion*-Arten an offenen Uferstandorten eine enorme Formenfülle hervorgebracht. Für alle möglichen Kombinationen von Korngröße, Hydrodynamik, Feuchtigkeit, Meereshöhe und Salzgehalt gibt es spezialisierte *Bembidion*-Arten; manche leben nur an kiesigen Alpenflüssen, manche nur auf Schlamm. Es überrascht also wenig, dass es auch *Bembidion*-Arten gibt, die ausschließlich oder hauptsächlich an den Ufern salziger Lacken vorkommen.

Eine häufige Art der Salzlacken des Seewinkels, aber auch der Zwingendorfer Salzstandorte, ist der Veränderliche Ahlenläufer *(Bembidion varium).* Viele Autoren würden eine enge Salzbindung dieser Art in Abrede stellen. FRANZ (1970) erwähnt in seiner Charakterisierung der Habitatansprüche den Faktor Salz überhaupt nicht und auch HORION (1959) zählt *Bembidion varium* nicht zu den salzbewohnenden Käfern, *„da auch aus Deutschland viel mehr Funde von Nichtsalzstellen als von Salzstellen bekannt sind"*. Nach BRO-LARSEN (1936) ist der Käfer aber an lehmigen und schlammigen Prielufern an der Meeresküste sehr häufig. Eine größere Salztoleranz ist bei der Art zweifellos ausgeprägt, entscheidender Ökofaktor für die Art dürfte aber nicht der Salzgehalt des Bodens, sondern dessen Feuchtigkeit sein.

Bembidion varium macht dem Käfersucher den Fang nicht leicht. Die Tiere sind außergewöhnlich fluglustig. Während die meisten Laufkäfer erst bei Temperaturen über 20 °C und Sonnenschein Fluglust entwickeln, gelingt es *Bembidion varium*, auch bei bedecktem Himmel und sehr gemäßigten Temperaturen aus dem offenen Fangglas abzuheben und dabei fast einen Senkrechtstart vorzuführen. Diese Beweglichkeit erlaubt dem Käfer das Leben in der unmittelbaren Gefahrenzone des Wellenschlags, wo angespültes Material zwar eine üppige Nahrungsgrundlage bietet, die Lebensumstände aber sehr instabil sind. *Bembidion varium* muss bei Austrocknung der Lacke unter Ausnutzung seines Flugvermögens eine andere Wasserstelle aufsuchen.

Bembidion varium ist vermutlich deshalb die häufigste Laufkäfer-Art am Ufer des neu geschaffenen Salztümpels in den Zwingendorfer Saliterwiesen, weil es der Art gelungen ist, über Trittsteine in Form von allen möglichen Uferstellen mittels seiner Flugfähigkeit diese Salzstelle rasch zu besiedeln. So gesehen muss man sich um den Fortbestand dieser Art in Österreich weniger Sorgen machen als um andere wesentlich spezialisiertere Salzkäfer.

Etwas weiter weg vom Ufer lebt *Bembidion minimum*. Der Artname suggeriert zu Recht geringe Körpermaße: *Bembidion minimum* ist ein glänzend schwarzer Winzling von 2 bis 3 mm Länge (Abb. 96a). Die Art ist ziemlich anspruchslos und kann auch an nicht sal-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

zigen Gewässerufern vorkommen. Wirklich häufig ist der Käfer aber unter den Tonschollen trockenfallender Seewinkel-Lackenufer, wo er die Lückenräume oft in gewaltiger Anzahl besiedelt. Der Käfer kann zwar fliegen, an das Vermögen, die Fluktuationen der Lebensraum-Bedingungen nachzuvollziehen, werden aber wesentlich geringere Anforderungen gestellt als bei den Bewohnern der Uferlinie. *Bembidion minimum* findet sich daher auch noch im September in trockenen Salzlackenböden. Auf den Zwingendorfer Salzstellen Hintausacker und Saliterwiese ist die Art ebenfalls nicht selten.

Abgesehen von einigen kleinen Unterschieden in der Form des Halsschilds ist *Bembidion tenellum* von *Bembidion minimum* nicht zu unterscheiden (Abb. 96b). Nah verwandt und schwierig abzutrennen bedeutet aber nicht, dass die Lebensweise die gleiche wäre. *Bembidion tenellum* bewohnt vielmehr – ähnlich wie *Bembidion varium* – die unmittelbare Uferlinie und die Hochrisiko-Zonen des Wellenschlags und muss sich gegebenenfalls mittels gutem Flugvermögen rasch aus dem Staub machen, bevor dieser ganz trocken geworden ist. Verglichen mit *Bembidion minimum* findet sich *Bembidion tenellum* an Stellen höherer Bodensalzgehalte (Abb. 97). Diese höheren Ansprüche an die Lebensraumbedingungen schlagen sich in der Gefährdungsbeurteilung nieder: *Bembidion tenellum* wird auf vielen mitteleuropäischen Roten Listen geführt. An den Zwingendorfer Salzstellen kommt die Art aber noch (oder wieder) vor.

Der wohl am strengsten an salzige Lebensräume gebundene Ahlenläufer des Seewinkels ist *Bembidion ephippium*. Bei unseren Erhebungen konnten wir ihn nur an einer einzigen Stelle, einem ganz offenen Salzlackenufer mit hohem Salzgehalt und hoher Alkalinität feststellen. In anderen Jahren war er aber häufiger und an bestimmten Stellen auch in großer Anzahl anzutreffen.

Nicht nur an der Meeresküste: *Pogonus*

Die europäischen Vertreter der Gattung *Pogonus* sind alle Salzbodenbewohner. Die meisten Arten leben entlang der Meeresküsten, zwei Arten sind jedoch auch im Seewinkel anzutreffen, *Pogonus luridipen-*

Abb. 96: Die Zwillingsarten *Bembidion minimum* (a) und *Bembidion tenellum* (b) sind nur anhand subtiler Unterschiede in den Halsschildproportionen zu trennen, die subapikale Aufhellung bei *Bembidion tenellum* ist kein restlos verlässliches Merkmal *(Fotos: K. P. Zulka, 10.8.1997)*.

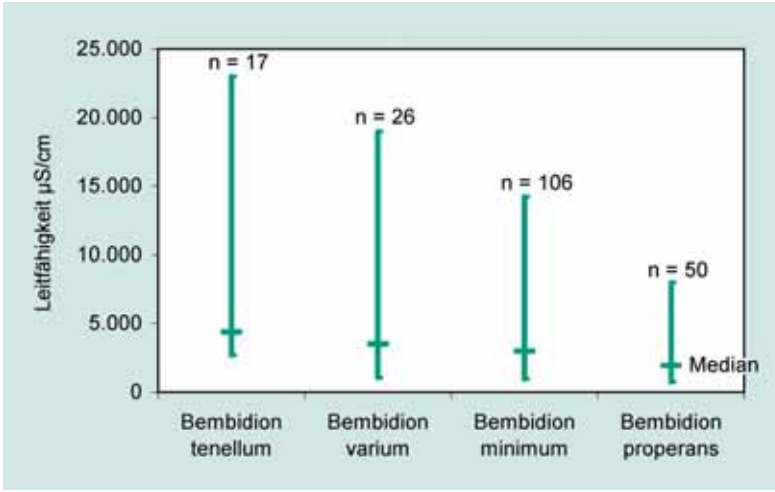


Abb. 97: Salinität der Fundorte verschiedener *Bembidion*-Arten im Seewinkel. Angegeben sind Spannweite und Median. *Bembidion tenellum* meidet Stellen geringer Salzkonzentration, *Bembidion varium* und *Bembidion minimum* kommen sowohl auf salzigen wie auf wenig salzigen Stellen vor, *Bembidion properans* dringt in die salinen Bereiche nicht vor *(Grafik: K. P. Zulka)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

nis und *Pogonus peisonis* (Abb. 98). *Pogonus peisonis* war ursprünglich von GANGLBAUER (1892) als eigene Art („*wahrscheinlich specifisch verschieden*") des Neusiedler Sees beschrieben worden (nach lacus Peiso, dem lateinischen Namen des Neusiedler Sees). APFELBECK (1904) interpretierte die Art aber als Unterart der pontisch verbreiteten Art *Pogonus persicus,* die unlängst ihrerseits als Synonym von *Pogonus transfuga* Chaudoir, 1871 erkannt wurde. Vom praktischen Standpunkt aus gesehen ist es wohl zweckmäßig, die Seewinkel-Population, die sicherlich als weit vorgeschobener isolierter westlicher Vorposten lokale Anpassungen ausgebildet hat und eine gewisse genetische Eigenständigkeit beanspruchen kann, im Sinne des phylogenetischen Artkonzepts separat zu führen, wie es manche neueren Verzeichnisse (ÁDÁM 1996, LORENZ 1998, BOUSQUET 2003) auch tun.

Abb. 98: Die beiden *Pogonus*-Arten des Seewinkels sind schon an der Färbung leicht zu identifizieren, *Pogonus luridipennis* (a) hat hellbraune Flügeldecken, *Pogonus peisonis* (b) ist ganz dunkel mit leicht grünlichem Metallglanz *(Fotos: K. P. Zulka, 10.8.1997).*

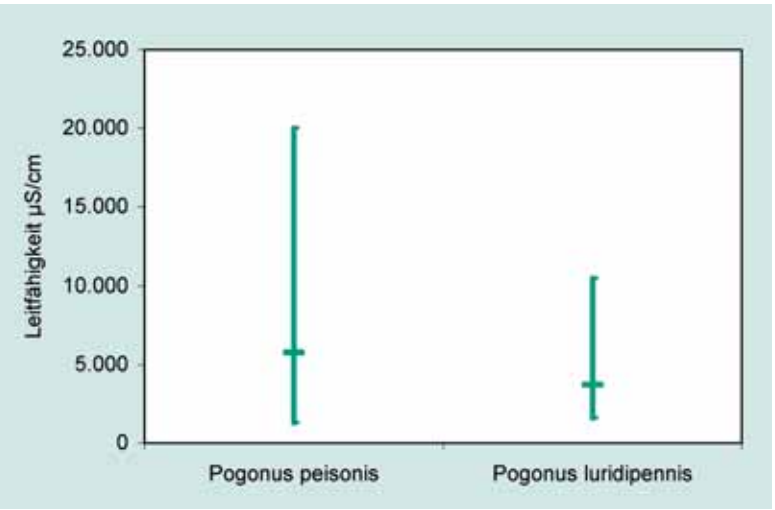


Abb. 99: Salinität der Fundorte der *Pogonus*-Arten im Seewinkel. Angegeben sind Spannweite und Median *(Grafik: K. P. Zulka).*

FRANZ (1964, 1970) beschreibt *Pogonus peisonis* als weniger stark salzgebunden als *Pogonus luridipennis* und eher mit Solonetzböden assoziiert. Die Befunde von MILASOWSZKY & ZULKA (1994) bestätigen diese Einschätzung nicht unbedingt (Abb. 99).

Der Kahnkäfer und das Andelgras

Während die meisten Laufkäfer Fleischfresser sind, so haben sich doch Vertreter mancher Gattungen auf pflanzliche Kost spezialisiert, so jene der Gattung *Amara* (Kahnkäfer). Es gibt in Österreich über 50 verschiedene Arten dieser Gattung, von denen sich viele in ihren Lebensraumansprüchen sehr ähneln.

Innerhalb der Untergattung *Zezea* tragen fast alle Arten auf den Flügeldecken beim Schildchen einen Borstenpunkt. Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts fiel dem Käferkundler REITTER (1908) aber auf, dass die Art *Amara strenua*, normalerweise immer mit Borstenpunkt ausgestattet, in der Gegend des Neusiedler Sees stets ohne einen solchen auftritt. Kurz vor und während des Zweiten Weltkriegs wurden die Forscher Buchka, Horion, Dorn und Makólski auf die merkwürdige Form aufmerksam (vgl. FASSATI 1957). Deren Beschreibungen blieben wegen der Kriegswirren aber allesamt ungedruckt, und so veröffentlichte erst KULT (1946) eine Beschreibung der Form als neue Art *Amara pseudostrenua* (Abb. 100). Die taxonomischen Beziehungen klärten schließlich FASSATI (1957) und HIEKE (1970) auf. Letzterer stellte

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 100: Der Kahnkäfer *Amara strandi* *(Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997).*

Übergänge zwischen *Amara tricuspidata* und *Amara pseudostrenua* fest, die ihn veranlassten, die Art des Neusiedler Sees zur Unterart *Amara tricuspidata pseudostrenua* herabzustufen. Die Argumente, die er anführt, die weit überlappenden Areale und die deutliche Habitattrennung, sprechen aber eher für einen Artstatus. Mittlerweile wurde entdeckt (HIEKE 1999), dass Lutshnik die Form schon 1933 als *Amara tricuspidata strandi* beschrieben hatte; der aktuell gültige Artname ist damit *Amara strandi.*

Amara strandi kommt im Seewinkel ausschließlich in den *Puccinellia peisonis*-Andelgraszonen, die die meisten Lacken ringförmig umgeben, vor. Der Grund liegt wahrscheinlich in der Nahrungsspezialisierung. So berichtet CIUPA (1992): *„Mehrere Tiere saßen im Gemeinen Salzschwaden* (Puccinellia distans) *und fraßen in den Fruchtständen."* Geschmäcker sind eben verschieden, und manche Laufkäfer mögen's salzig.

Wo sind sie geblieben …

Vergleicht man ältere und aktuelle Zusammenstellungen der Laufkäferfauna des Seewinkels und vergleicht man die Salzkäferfauna des Seewinkels mit der anderer Binnenlandsalzstellen, so fällt auf, dass einige Arten fehlen.

Dicheirotrichus lacustris war früher nur als Variante von *Dicheirotrichus obscurus* angesehen worden, ist aber eine eigene selbstständige Art (vgl. RATTI 2003), deren Gesamtverbreitung bislang noch nicht endgültig geklärt ist. In älteren Zusammenstellungen wird sie als typische Art der Seewinkel-Salzstandortfauna angeführt (meist unter *Dicheirotrichus obscurus* var. *lacustris*, HOFFMANN 1925b, MAZEK-FIALLA 1936, TRUMLER 1947, SAUERZOPF 1959c, FRANZ 1964), HOFFMANN (1925b) klassifizierte sie noch als *„in manchen Jahren häufig"*. Nach der Habitatcharakterisierung in RATTI (2003) bevorzugt *Dicheirotrichus lacustris* höher gelegene trockene Salzsteppen und lebt dort zwischen Queller und Andelgras. Keine der teilweise umfangreichen Beprobungen aus den letzten Jahren (LETHMAYER 1992, LÖFFLER 1993a, GEISER 1993, MILASOWSZKY & ZULKA 1994, AGNEZY 2003, K. P. Zulka, unpubl.), die solche Lebensräume zum Gegenstand hatten, erbrachte allerdings noch Nachweise dieser Art.

Dokumentiert ist der Verlust der Art *Bembidion aspericolle*. REDTENBACHER (1874) schrieb zu der Art noch: *„Am Ufer des Neusiedler-Sees, häufig".* Aber Strauss war der letzte Sammler, der die Art 1914 im Seewinkel nachgewiesen hat (HORION 1941). Sie ist seither dort nicht wieder aufgetaucht. Klimatische Gründe können für das Verschwinden keine Rolle spielen; die Art kommt nach wie vor an mitteldeutschen Salzstellen vor und ist in Westeuropa weit verbreitet.

Harpalus cephalotes scheint noch in der letzten Roten Liste (KIRSCHENHOFER & REISER 1994) in der Kategorie 2 als stark gefährdet auf, die letzten in der Literatur dokumentierten Funde datieren aber vom 3.6.1934 (FRANZ 1970).

Als sehr unsicher müssen die Nachweise von *Dyschirius cylindricus* gelten. Von dieser mediterran-pontisch verbreiteten Art existieren angeblich Exemplare im

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Naturhistorischen Museum Wien (MÜLLER 1922, HORION 1941), die aus dem Seewinkel stammen sollen. Auch FEDORENKO (1996) führt in seiner Verbreitungskarte einen Seewinkel-Punkt an. Individuen, deren Fundortszettel dem Seewinkel zugeordnet werden könnte, konnten in der Sammlung des Naturhistorischen Museums allerdings nicht aufgefunden werden.

Dagegen wurde *Bembidion latiplaga*, einer mediterran verbreitete Art aus der *B. minimum-tenellum*-Verwandtschaft, deren ältere Seewinkel-Nachweise in der Literatur lange als unsicher gegolten hatten, vor einiger Zeit wieder gemeldet: Im Juli 1989 soll die Art wieder im Seewinkel aufgetaucht sein (KIRSCHENHOFER 1990). Auch SCHWEIGER (1990) erwähnt die Art von der „Hölle" bei Illmitz.

Abb. 101: Lackenzonierung am Beispiel des Oberstinkersees. Das Lackeninnere ist von einer breiten Andelgraszone umgeben, an die wiederum (im Vordergrund) Trockenrasen grenzen *(Foto: K. P. Zulka, 13.7.1993)*.

Insgesamt mögen diese wenigen Beispiele wohl illustrieren, dass die Laufkäfer-Faunistik des Seewinkels noch keineswegs erschöpfend abgeklärt ist. Sein oder Nichtsein, das ist hier eine vielfach offene Frage.

8.8.3 Die Szenerie: Salzlebensräume und ihre Laufkäfergesellschaften

Kontinuum oder Gesellschaften?

Die Salzstandorte des Seewinkels sind Teil eines Lebensraum-Mosaiks (vgl. Kap. 7.2). Das Grundschema jeder Lacke lässt sich als System konzentrischer Kreise verstehen (Abb. 101). Der innerste Kreis, das Lackeninnere, sind die Lackenböden selbst, die im Frühjahr überstaut sind, im Laufe des Jahres aber trockenfallen und dann ein schütteres Pflanzenkleid aus Dorngras *(Crypsis aculeata)* und Salzmelde *(Suaeda maritima)*, sehr selten auch Quellerfluren tragen. Ringförmig darum schließt sich eine Wellenschlagszone an, die oft schütter mit Zickgras *(Puccinellia peisonis)* bewachsen ist. Diese Zone ist im zeitigen Frühjahr oft überstaut, während der Vegetationsperiode aber trocken. Um diesen Ring aus Zickgrasfluren liegen Trockenrasen, Schilfrieder, Weingärten oder Brachen. Die Vielfalt des Seewinkel-Habitat-Mosaiks rührt nun daher, dass dieses typische Schema vielfach modifiziert ist. Für die Laufkäfergemeinschaften sind die Vegetationszonen zwar nicht irrelevant, aber nur eine von vielen Umweltparameter-Achsen neben der Feuchtigkeit, dem Salzgehalt, dem Nahrungsangebot, der Bodenkorngröße und der Bodenstruktur. Schon deshalb ist eher von einem Kontinuum als von abgeschlossenen Gesellschaften auszugehen. Innerhalb dieses Kontinuums kommen viele Laufkäferarten gemeinsam vor.

Am feuchten Ufer …

Ein typischer Lebensraum sind die Litoralzonen von wasserführenden Salzlacken (Abb. 102). Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind günstig, der Tisch ist reich gedeckt, der Salzgehalt des Wassers und des Bodensubstrats hält lästige Konkurrenten auf Distanz, die Vegetation ist oft spärlich. Verdunstung, Einstrahlung und Produktivität sind hoch (Abb. 103). Neben den

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 102: Lebensraum der Uferzönose. Lackenufer der Legerilacke. Feuchtstellen, offene Salzausblühungen und Schilfaufwuchs bilden ein Mosaik *(Foto: K. P. Zulka, 3.5.1997).*

bereits genannten Arten *Dyschirius salinus*, *D. chalybaeus gibbifrons*, *Pogonus peisonis*, *P. luridipennis*, *Bembidion varium*, *B. tenellum* und *Calomera littoralis nemoralis* wäre für diesen Lebensraum noch *Acupalpus elegans* zu nennen. Auch *Chlaenius spoliatus*, eine Art, die auch auf salzfreien Böden weit verbreitet ist (FRANZ 1970), nutzt diese mehr oder minder offenen Uferstellen. Die Art war in einer Untersuchung im Seewinkel an fast allen Lackenufern anzutreffen (MILASOWSZKY & ZULKA 1994). Von diesen Arten ist *Bembidion tenellum* am strengsten an die Wasserlinie gebunden, 90 % der Vorkommen lagen in unmittelbarer Nähe zur Uferlinie.

Im weiteren Sinn ist auch *Scarites terricola* zu dieser Artengemeinschaft zu rechnen. Allerdings ist er am häufigsten auf einem relativ dicht bewachsenen Ufer an der „Lacke südlich Unterstinkersee" zu finden, ist also weniger streng an offene Ufer gebunden. Überdies kommt die Art nur auf reinem Sandboden vor.

Abb. 103: Lebensraum der Uferzönose mit nährstoffreichem Algenschleim und spärlicher Pflanzenbedeckung *(Juncus gerardi) (Foto: K. P. Zulka, 4.5.1997).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Weiter im Hinterland …

Im Gegensatz zu den unmittelbaren Uferbewohnern bevorzugen die Laufkäfer *Anisodactylus poeciloides*, *Brachinus elegans* und *Amara strandi* die *Puccinellia*-Ringe um die Salzlacken. Mit der bereits geschilderten Bindung an Andelgras ist *Amara strandi* offenbar nicht allein. Auch *Anisodactylus poeciloides* hält sich vermutlich deswegen in der Andelgraszone auf, weil er sich von den Samen dieses Grases ernährt *(„si nutre probabilmente dei semi di Puccinellia",* SCIAKY 1979*).* Aber auch der Laufkäfer *Brachinus elegans* (in älteren Werken unter dem Namen *Brachinus ganglbaueri* geführt) konnte im Seewinkel hauptsächlich in feuchten ringförmigen vegetationsbestandenen *Puccinellia*-Zonen um die Lacken nachgewiesen werden. Das scheint kein Zufall zu sein; auch NYILAS (1994a) fing in den Alkalisteppen der Hortobagy-Puszta von 41 *Brachinus-elegans*-Individuen 32 in den *Puccinellia*-Bodenvertiefung, die im Frühjahr unter Wasser stehen und im Sommer extrem trocken werden.

Wenn es trocken wird …

Wenn die Salzlacke austrocknet, dann steigt der Salzgehalt zunächst naturgemäß in der Restlösung immer weiter an, bis zum Schluss Salzkrusten auf der Bodenoberfläche übrig bleiben. Nach einigen Regengüssen verschwinden diese hypersalinen Bereiche jedoch wieder, das Salz wird in tiefere Bodenschichten gewaschen. Der Oberboden trocknet aus, auf feinkörnigen Böden können Schwundrisse entstehen. Welche Käfer sind auf solch einer Bodenoberfläche zu finden?

Hier ist zunächst der bereits oben erwähnte *Bembidion minimum* zu nennen, der sich mit seiner geringen Körpergröße problemlos in feuchte Lückenräume zurückziehen kann. Die häufigste Art der ausgetrockneten Salzlackenufer ist aber *Harpalus affinis,* der die Aufsammlungen (MILASOWSZKY & ZULKA 1994) vor allem im Sommer und Herbst dominierte. Er gilt nicht als salzgebundene Käferart, sondern als typischer Offenlandbewohner besonnter warmer Standorte. Aber auch Untersuchungen in Thüringen wiesen den Käfer als regelmäßigen Bewohner von Salzstellen aus. So fanden SPARMBERG et al. (1997) *Harpalus affinis* an allen der 15 von ihnen untersuchten Salzstellen in Thüringen; auf den künstlichen Kalihalden war *Harpalus affinis* sogar die individuenreichste Art.

Zwischen Trockenrasen und Salzsteppe

Den Übergangsbereich zwischen periodisch trockenfallenden Salzlackenufern und trockenen Salzsteppen bewohnen zwei kleine Laufkäfer in oft großer Anzahl – die Arten *Microlestes corticalis* und *Microlestes minutulus*.

In der Literatur wird *Microlestes corticalis* meist als Salzstandort-gebunden angesehen (z. B. KOCH 1989), *Microlestes minutulus* gilt dagegen als euryöke Art trockener Lebensräume. Im Seewinkel bevorzugt *Microlestes corticalis* wesentlich vegetationsärmere Standorte. Die Unterscheidung der beiden Arten ist einfach; die ersten beiden Fühlerglieder sind bei *Microlestes corticalis* gelb, bei *M. minutulus* schwarz.

Von Ton zu Beton:
die Laufkäfer der zentralen Lackenzone

In der Genese, Geologie und Bodentextur unterscheiden sich die westlichen und die zentralen Seewinkel-Salzlacken drastisch. Die Entstehung der westlichen Seewinkel-Lacken steht in engem Zusammenhang mit jener des Seedamms, eines Brandungs- und Eisstoßwalls mit hohen Sandanteilen. Demgegenüber gehören die meisten Lacken des Seewinkel-Zentralteils zur Muldenzone innerhalb der Schotterflur. Der Boden ist hier meistens eine Mischung aus Schotter und tonigem Feinsediment. Wenn die Salzlacken austrocknen, können diese Böden hart wie Beton werden; zu hart für grabende Laufkäfer. An ihrer Stelle leben hier Arten, die auf bindige Böden angewiesen sind.

Da wäre zunächst der Laufkäfer *Poecilus puncticollis* zu nennen (Abb. 104). Er wird wiederholt für den Seewinkel erwähnt, aber nähere Angaben in der Literatur zu der Art sind spärlich. Wir fanden die Art nur an schluffig-tonigen Standorten, zumeist an den Ufern der Zentralzonen-Lacken; am häufigsten im verschilften Innenbereich der Moschadolacke.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 104: Wichtigstes Merkmal von *Poecilus puncticollis* ist, wie der Name schon andeutet, der gepunktete Halsschild *(Foto: K. P. Zulka, 10.8.1997)*.

Eine andere Art, die strikt an die schluffigen Böden der zentralen Lacken gebunden vorkommt, ist *Pterostichus macer*. Die Frage nach der Salzbindung dieser Art hat offenbar schon frühere Carabidologen beschäftigt. An die Grundsatzfrage „Ist *Pterostichus macer* halophil?" knüpfte GERSDORF (1966) eine Abhandlung über die Salzbindung von Laufkäfern; er zitierte damit seinerseits Heydemann, dem auffiel, dass *Pterostichus macer* auf Halligen-Kleiböden sehr stetig auftritt. *Pterostichus macer* lebt aber auch auf Äckern und Brachen (BRAUCKMANN & SCHREIBER 2001), an Waldrändern, in Wiesen und Rieden. Entscheidendes Kriterium des Vorkommens scheinen somit nicht der Salzgehalt selbst, sondern die Bindigkeit des Bodens zu sein, die mit dem Salzgehalt in gewissen Grenzen korreliert. *Pterostichus macer* ist auf Schluff- und Tonböden beschränkt (HORION 1941); die Habitatparameteranalysen von MILASOWSKY & ZULKA (1994) stehen mit diesem Befund in Einklang.

8.8.4 Die Käfer der Salzstellen von Baumgarten und Zwingendorf

Verglichen mit dem Seewinkel ist über die Salzstellen von Baumgarten und Zwingendorf in carabidologischer Hinsicht nur sehr wenig bekannt. Für Baumgarten geben PAAR et al. (1993) die Arten *Polistichus connexus* (sub *Polystichus*) und *Pterostichus macer* an. Die genaue Herkunft dieser Daten ist aber nicht mehr eruierbar. ZETTEL (1993) führt in seiner faunistischen Zusammenstellung über die Laufkäferfauna der Marchauen die Nachweise zahlreicher Sammler an; viele der Fundortangaben lauten auf ‚Baumgarten'. *Polistichus connexus* scheint darin nicht auf, es fehlen aber auch andere typische Salzstandortbewohner. Es bleibt unklar, ob der Salzstelle Baumgarten seit jeher diese typischen Salzbodenspezialisten fehlten, ob sie früh verschwanden oder ob die salzigen Feuchtstellen überhaupt je genauer besammelt wurden.

Auch der Ort Zwingendorf wird in den großen faunistischen Übersichten von HORION (1941) oder FRANZ (1970) gar nicht erwähnt. Die wenigen verfügbaren Informationen stammen zum einen von Beifängen zu einem Spinnenprojekt (N. Milasowszky, unpubl.) sowie von Aufsammlungen während einer Exkursion am 1.6.2000. Das Bild, das sich daraus ergibt, ist zwangsläufig fragmentarisch.

Der Salztümpel der Saliterwiese bei Zwingendorf beherbergt eine Laufkäferfauna, die derjenigen mancher Seewinkel-Lacken ähnelt. Die häufigste Art ist *Bembidion varium*; auch *Bembidion minimum* konnte im Juni 2000 zahlreich angetroffen werden. Die typischen Salzuferarten *Bembidion tenellum* und *Acupalpus elegans* waren in Einzelexemplaren präsent. An den Ufern des frisch ausgehobenen Salztümpels im Hintausacker (Dorfteich) fand sich neben *Bembidion tenellum* und *Bembidion minimum* auch der seltene halotolerante Käfer *Acupalpus maculatus*, der auch im Seewinkel nur sehr sporadisch auftritt.

Das Beifangmaterial, das Norbert Milasowszky im Sommer 1992 in den Verlandungssbereichen des Hintausackers gesammelt hatte (N. Milasowszky, unpubl.), hielt eine Überraschung parat. Neben vielen euryöken Sumpfarten, die in der verschilfenden Hintausacker-Verlandungsvegetation vorherrschend waren, fand sich auch ein Exemplar von *Amara strandi*. Die Art war bis dato in Österreich nur aus dem Seewinkel bekannt. Ihr Vorkommen zeigt, dass das Gebiet Anfang der 1990er Jahre, als Milasowszky seine Aufsammlungen tätigte, in carabidologischer Hinsicht noch einiges Potenzial hatte.

Eine systematische Beprobung der Naturschutzgebiete Zwingendorf und Baumgarten wäre somit in faunistischer Hinsicht vielversprechend und würde

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

die Kenntnisse über die Salzboden-spezialisierten Laufkäfer der österreichischen Fauna wahrscheinlich bedeutend erweitern. In naturschutzbiologischer Sicht ist eine solche Beprobung in Hinblick auf laufende und zukünftig notwendige Managementmaßnahmen dringend geboten.

8.8.5 Blick über die Grenzen …

Viele der Carabiden, die im Seewinkel an Salzlacken vorkommen, haben eine sehr weite Verbreitung. Sie prägen auch die Ufer von Salzgewässern, die in großer Entfernung unter ganz anderen klimatischen Bedingungen liegen. Etwa 4.000 km östlich des Seewinkels liegt in Zentral-Kasachstan der Tengis-See mit dazugehörigem Kurgaldschiner Schutzgebiet (Kurgal'dzhinksi Zapovednik). Typisch für die Landschaft sind die vielen Salzpfannen in der steppenartigen Umgebung des Sees, die wegen der extremen Verdunstung und der semiariden Niederschlagsbedingungen – der Jahresniederschlag beträgt nur 200 bis 300 mm – im Sommer austrocknen. Die Temperaturamplituden sind kontinental-extrem, und die Salzgehalte des Tengis-Sees erreichen die sechsfachen des Meerwassers. Das geplante Tengis-Biosphärenreservat wird eine Fläche der halben Schweiz einnehmen. Ist ein Vergleich mit dem Seewinkel angesichts der Größenordnungen und der klimatischen Extreme nicht von vorneherein abwegig? Betrachtet man die Laufkäferfauna der Salzstandorte dieses Gebietes, so muss man die Frage verneinen. Als dominante Arten der nassen Ufer des Gebietes nennt KADYRBEKOV (1990) *Bembidion varium*, *Bembidion tenellum* (in der Unterart *pseudoplaga* Netolitzky, 1943) und *Chlaenius spoliatus*, und das klingt doch irgendwie vertraut. Der Nische des Sandlaufkäfers *Calomera littoralis nemoralis* wird wohl im Tengis-Gebiet von *Calomera littoralis conjunctaepustulata* Dokhtouroff, 1887 eingenommen. *Bembidion minimum*, *Dyschirius chalceus, Pogonus luridipennis*, *Scarites terricola* und *Dyschirius salinus* sind aber weitere bekannte Namen auf der Liste von KADYRBEKOV (1990). Der österreichische Käferfreund könnte sich also die weite Reise eigentlich sparen, träten da nicht auch noch Arten mit mittelasiatischer Verbreitung, wie *Bembidion quadriplagiatum* (Motschulsky, 1844) hinzu. Auch die Fauna der austrocknenden Solontschak-Salzpfannen ist angesichts dominanter Arten wie *Cephalota chiloleuca* (Fischer von Waldheim, 1820) mit der Seewinkel-Fauna nicht vergleichbar.

Zwischen dem Seewinkel und den zentralasiatischen Salzstandorten liegt die Schwarzmeerküste. In seiner Arbeit über die halobionten und halophilen Laufkäferarten des Gebietes führt KARNOZHIZKIY (1950) ebenfalls viele vertraute Seewinkel-Arten an. Von den Sandlaufkäfern ist beispielsweise *Calomera littoralis nemoralis* (sub *Cicindela lunulata nemoralis*) auch hier vertreten. Allerdings tritt an der Schwarzmeerküste noch eine ganze Reihe von Arten mit mediterraner und südosteuropäischer Verbreitung hinzu, was den Artenreichtum wesentlich erhöht. So finden sich innerhalb der Sandlaufkäfer auch noch der ostmediterrane *Cephalota circumdata* (Dejean 1822), die endemische *Cicindela monticola rumelica* Apfelbeck 1904 (sub *Cicindela hybrida rumelica*), der pontokaspische *Cephalota chiloleuca* (Fischer von Waldheim, 1820) und der mediterrane *Cylindera trisignata* (Dejean, 1822). Auch innerhalb der Gattung *Pogonus* werden die Seewinkel-Vertreter *Pogonus luridipennis* und *Pogonus persicus* durch weitere Arten wie *Pogonus littoralis* (Duftschmid, 1812) oder *Pogonus olivaceus* Carret, 1903 mit mediterraner, respektive östlicher Verbreitung ergänzt.

Das dem Seewinkel nächstgelegene großräumige Salzstandortgebiet ist die Hortobágy-Puszta im Osten Ungarns. Der harte Kern der Salzstandort-Carabidenfauna ist derselbe wie im Seewinkel (HIEKE 1983, NYILAS 1994b), allerdings kommen auch hier weitere Arten hinzu. So ist die Gattung *Brachinus* in der Hortobagy-Puszta auch durch Arten wie *B. bipustulatus* Quensel 1806, *B. nigricornis* Gebler, 1829 und *B. plagiatus* Reiche, 1868 vertreten (NYILAS 1994a). Zu *Poecilus puncticollis* tritt die nahe verwandte Zwillingsart *Poecilus kekesiensis* Nyilas, 1993.

Gründlicher als die österreichischen Salzstandorte wurden die mittel- und ostdeutschen Binnenlandsalzstellen untersucht. Umfassende Übersichten geben SPARMBERG et al. (1997) für Thüringen, SCHNITTER & CIUPA (2001) für Sachsen-Anhalt und SCHULTZ & MÜLLER-MOTZFELD (1995) für Mecklenburg-Vorpommern. Zusätzlich zu den natürlichen Salzstellen bieten auch zahlreiche Kalihalden in Mit-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

teldeutschland Lebensraum für salzbewohnende Carabiden. Einige Arten, die im Seewinkel rezent nicht mehr nachgewiesen werden können, wie *Bembidion aspericolle*, sind an mitteldeutschen Salzstellen noch präsent. Andere Arten wie *Scarites terricola*, *Dyschirius pusillus* oder *Pogonus peisonis*, die im Seewinkel ihre nordwestliche Verbreitungsgrenze erreichen, fehlen allerdings in Mitteldeutschland.

Ein weiteres bedeutendes Salzstandortgebiet sind die Strandseen entlang der französischen Mittelmeerküste und der Camargue in Südfrankreich. VERDIER & QUEZEL (1951) fanden an den Ufern der salzigen Strandseen mit *Bembidion ephippium* (sub *Notaphus ephippium*), *Scarites terricola* und *Dyschirius salinus* eine der Seewinkel-Zönosee entsprechende Artengemeinschaft, zu der allerdings weitere Arten hinzutreten, wie *Bembidion aspericolle* (sub *Emphanes aspericollis*). Die östliche Art *Anisodactylus poeciloides* wird an der Mittelmeerküste vom westeuropäisch verbreiteten *Aniosodactylus virens* Dejean, 1829 ersetzt (vgl. SCIAKY 1979). Zur Fauna der stark salzhältigen Solontschak-Böden der Mittelmeerküste existiert keine ostösterreichische Entsprechung: *Cephalota circumdata*, die *Pogonistes*-Arten und *Dyschirius cylindricus* (Dejean, 1825) kommen allesamt im Seewinkel nicht vor.

Alles in allem zeigt die Carabidenfauna von Salzstandorten über die riesige Distanz von Westeuropa bis Kasachstan eine bemerkenswerte zönotische Konstanz. Ein harter Kern von miteinander vergesellschafteten Arten tritt immer wieder gemeinsam auf; *Dyschirius salinus*, *Dychirius chalceus* oder *Bembidion tenellum* sind über den ganzen westpaläarktischen Raum in jedem geeigneten Salzstandortgebiet anzutreffen. Das mag erstaunen, wenn man sich die klimatische Bandbreite vergegenwärtigt, die abzudecken die Käfer in der Lage sind. Gerade Salzspezialisten müssen aber eine große Spannweite von Umweltbedingungen ertragen, was sie dazu prädestiniert, auch mit unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen zu Rande zu kommen. Im salinen Lebensraum herrschen diese Arten unangefochten und die evolutionäre Tendenz zur regionalen Spezialisierung ist dementsprechend gering (vgl. RUEDA & MONTES 1987).

Der Vergleich der Salzgebiete illustriert aber auch die Fragilität der Seewinkel-Salzkäfergemeinschaft. Weit verbreitetete Arten wie *Bembidion aspericolle* oder *Dicheirotrichus lacustris*, die zwischen Mittelasien und Westeuropa in vielen Salzstandortsgebieten leben und auch einmal im Seewinkel heimisch waren, wurden schon seit Jahrzehnten nicht mehr von dort gemeldet. Sind die Käfer einmal aus einem Gebiet mit Salzstandorten verschwunden, so erscheint eine Wiederbesiedlung äußerst schwierig, liegen doch die nächsten Salzlebensräume oft in Hunderten Kilometern Distanz. Der Fall *Scarites terricola* zeigt aber, dass eine Rekolonisation verlorenen Terrains nicht gänzlich auszuschließen ist, auf welche Weise sie immer auch stattgefunden haben mag.

Österreich ist mit seinen Salzstandorten in der glücklichen Lage, Anteil zu haben an einer hochspezialisierten Fauna, die im riesigen Gebiet zwischen Atlantik und Ostasien nur an ganz wenigen Stellen geeignete Lebensbedingungen vorfindet. Dieser Umstand sollte bei Fragen der Erforschung, des Managements und des Schutzes der österreichischen Salzstandorte nicht in Vergessenheit geraten.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tab. 12: Fangzahlen von Laufkäfern in der inneren Zonen der Salzlacken des Seewinkels *(Daten aus MILASOWSZKY & ZULKA 1994).* Nur Arten mit Fangzahlen >3 Individuen sind aufgelistet. Kategorien: A.2 = stark gefährdet, A.4 = potenziell gefährdet, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = potenziell gefährdet.

	Fangzahlen		Salzbindung	Rote Liste	
Art	**Zone[1] A**	**Zone[1] B**	**(KOCH 1989)**	**1983[2]**	**1994[3]**
Acupalpus elegans Dejean, 1829	27	34	halobiont		
Amara strandi Lutshnik, 1933	1	77	halotolerant		
Amara tibialis (Paykull, 1798)	3	1			
Amblystomus metallescens (Dejean, 1829)	3	2	halotolerant	A.2	
Anisodactylus binotatus (Fabricius, 1787)	2	5			
Anisodactylus poeciloides (Stephens, 1828)	1	14	halobiont		
Badister lacertosus Sturm, 1815	6	2			
Bembidion ephippium (Marsham, 1802)	5	0	halobiont		3
Bembidion femoratum Sturm, 1825	5	0			
Bembidion minimum (Fabricius, 1792)	156	53	halotolerant		
Bembidion properans (Stephens, 1828)	4	49			
Bembidion tenellum Erichson, 1837	31	6	halotolerant		
Bembidion varium (Olivier, 1795)	63	1	halotolerant		
Brachinus elegans Chaudoir, 1842	6	36		A.2	
Calathus fuscipes (Goeze, 1777)	0	12			
Calomera littoralis nemoralis (Olivier, 1790)	44	1	halotolerant		
Chlaenius spoliatus (Rossi, 1792)	50	26	halotolerant		
Dyschirius chalceus Erichson, 1837	6	3	halobiont	A.2	2
Dyschirius chalybaeus gibbifrons Apfelbeck, 1899	16	0	halotolerant	A.4	
Dyschirius globosus (Herbst, 1784)	3	3			
Dyschirius pusillus (Dejean, 1825)	9	3	halobiont	A.2	4
Dyschirius salinus Schaum, 1843	115	23	halobiont		4
Harpalus affinis (Schrank, 1781)	53	296			
Harpalus picipennis (Duftschmid, 1812)	4	0		A.4	
Harpalus rufipes (de Geer, 1774)	1	23			
Microlestes corticalis (Dufour, 1820)	29	63	halotolerant		
Microlestes minutulus (Goeze, 1777)	18	44			
Omophron limbatum (Fabricius, 1776)	9	9			3
Paratachys bistriatus (Duftschmid, 1812)	10	5			
Poecilus cupreus (Linnaeus, 1758)	13	20			
Poecilus puncticollis (Dejean, 1828)	15	2	halotolerant	A.4	4
Pogonus luridipennis (Germar, 1822)	46	1	halobiont		
Pogonus peisonis Ganglbauer, 1892	23	56	halotolerant		3
Pterostichus macer (Marsham, 1802)	1	41			
Pterostichus melanarius (Illiger, 1798)	0	7			
Scarites terricola Bonelli, 1813	4	7	halobiont		1

[1] *Zone A ist die innerste, im Winter und Frühjahr überstaute Salzackenzone, Zone B ist meist als* Puccinellia*-Spülsaumring weiter außen ausgebildet. Näheres siehe Text.*

[2] *FRANZ & KOFLER (1983)*

[3] *KIRSCHENHOFER & REISER (1994)*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9 Gefährdung und Schutz der Salzlebensräume

von Klaus Peter Zulka, Karl Mazzucco, Ingo Korner, Thomas Holzer, Norbert Sauberer, Jiři Danihelka, Birgit C. Schlick-Steiner, Florian M. Steiner & Georg Wolfram

9.1 Zerstörung, Degradation, Fragmentation: Es wird eng für salzbewohnende Organismen

Bewohner von Salzlebensräumen sind in Roten Listen prominent vertreten. Die Gründe dafür liegen in der Zerstörung, Degradation und Fragmentation ihrer Lebensräume. Es ist offensichtlich, dass den Bewohnern von Salzböden oder Salzgewässern die Existenzmöglichkeit genommen wird, wenn ihr Lebensraum versiegelt wird. Aber selten verläuft der Lebensraumverlust so drastisch und offensichtlich. Meist verändern schleichende Prozesse wie Grundwasserabsenkung, Überdüngung und Aussüßung die Eigenart des Salzstandortes und unterminieren so die Lebensgrundlage der halophilen Arten: Der Lebensraum degradiert ohne markante Signale. Noch tückischer ist die Lebensraum-Fragmentation und Lebensraum-Isolation. Bei der Lebensraum-Fragmentation bleibt noch genügend besiedelbare Fläche übrig, allerdings in Form eines Archipels von kleinen Lebensraum-Inseln, die durch unüberwindliche Schranken voneinander isoliert sind. Stirbt eine Art auf einer Insel des Archipels durch zufällige Umweltschwankungen aus, dann ist nicht mehr gewährleistet, dass von den anderen Inseln des Archipels in guten Jahren eine Wiederbesiedlung den Verlust ausgleichen kann. Obwohl der Lebensraum noch vorhanden ist, gelingt es den Arten nicht mehr, ihn zu bewohnen. Keine Naturschutzgebiet-Tafel und kein Nationalpark-Emblem kann etwas ausrichten, wenn die Landschaft zwischen den Salzlebensräumen so lebensfeindlich geworden ist, dass Arten diese Gebiete nicht mehr durchwandern können. Flächenschutz allein hilft gefährdeten Arten nicht über die Straße.

9.1.1 Lebensraum-Zerstörung

Salzböden gelten noch immer als Ödland. Um sie landwirtschaftlich nutzen zu können, ist eine aufwendige Melioration erforderlich. Der agrarökonomische Wert der Flächen ist daher gering und sie werden deswegen bevorzugt für Bauvorhaben herangezogen. Der Sportplatz der Gemeinde St. Andrä im Burgenland ist teilweise auf Salzlackenboden errichtet; die angrenzende Lacke degenerierte zum Müllablagerungsplatz (Abb. 105 auf der nächsten Seite).

Große Bestände des Salz-Milchkrauts *(Glaux maritima)* mussten auch in der Gemeinde Zwingendorf – dem einzigen Fundpunkt dieser seltenen Pflanze in Österreich – der Aufschüttung für einen Sportplatz weichen. So werden die wenigen Promille Salzbodenfläche, die Österreich an einer Fauna und Flora mit Verbreitungsschwerpunkt in Zentralasien teilhaben lassen, für Allerweltsvorhaben vergeudet. Würde man mit der Blauen Mauritius den Ofen anheizen? Jeder Quadratmeter, der durch solche Biotopzerstörung verloren geht, verkleinert aber die Überlebenschancen für Organismen, die oftmals an der Grenze ihres Verbreitungsareals und damit an der Grenze ihrer ökologischen Möglichkeiten leben.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 105: In der Vergangenheit waren Vernachlässigung und Geringschätzung oft charakteristische Schicksale von Salzstandorten. Der Neusiedlersee-Salzschwaden *(Puccinellia peisonis),* ein potenziell gefährdeter Endemit des pannonischen Tieflandes, teilte seinen Lebensraum an der Lacke südlich St. Andrä mit verrosteten Bierdosen, ausgedienten Sportschuhen und Plastikfolie *(Foto: K. P. Zulka, 23.7.1993).*

9.1.2 Lebensraum-Degradation

Der Lebensraum-Zerstörung in oben geschilderter Weise kann ein Riegel vorgeschoben werden, wenn es gelingt, die Flächen unter Schutz zu stellen, zu kaufen oder zu pachten. Obwohl dies ein sehr wichtiger Schritt sein kann, sind damit aber oft nicht alle Probleme gelöst. Schleichende Veränderung der lebensraumtypischen Bedingungen ist für viele Salzbodenbewohner eine ebenso große Gefahr wie die Vernichtung ihrer Lebensräume durch Beton oder Asphalt. Es genügt eine geringfügige Veränderung der hydrologischen Verhältnisse und des Wasserregimes, um einen Degradations-Prozess der Lebensräume in Gang zu setzen. Normalerweise pumpt die Verdunstung salzhaltiges Wasser an die Bodenoberfläche. Sackt aber der Grundwasserspiegel ab, dann wird aus der aufsteigenden Bewegung des salzhaltigen Bodenwassers eine absteigende: Das Salz an der Oberfläche wird durch Regengüsse in die Tiefe geschwemmt. In einem derart ausgesüßten Boden kann Schilf leichter Fuß fassen. Die Beschattung durch die langen Halme verhindert in der Folge das Auskristallisieren von Salz an der Oberfläche. Auch angepflanzte Büsche und Stauden können den Boden so beschatten, dass die solargetriebene Salzpumpe nicht mehr funktioniert. Nährstoffeintrag aus der meist unmittelbar angrenzenden Intensivlandwirtschaft trägt seinen Teil dazu bei, das üppige Wachstum der Schattenspender zu fördern. Innerhalb von wenigen Jahren kann so aus einem offenen, stark besonnten Ufer mit dicken Sodakrusten auf der Bodenoberfläche ein feuchter, beschatteter Allerweltsstandort werden, der salzgebundenen, in weniger extremen Lebensräumen konkurrenzschwachen Organismen keine Lebensmöglichkeiten mehr bietet.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Solchen Degradationstendenzen ist nicht leicht zu begegnen. Eine Stabilisierung des Grundwasserspiegels kann nicht durch Flächenschutz allein geleistet werden, ebenso wenig hält eine Tafel mit der Aufschrift „Naturschutzgebiet" für sich schon den Nährstoffeintrag in den Salzlebensraum zurück. Meist wird es notwendig sein, die Landnutzung in der weiteren Umgebung der Salzstelle zu verändern, wenn die vollständige Degradation des Standortes verhindert werden soll.

9.1.3 Lebensraum-Fragmentation

Die Umweltbedingungen von Salzlebensräumen schwanken mit großer Amplitude. Salzlebensräume werden aufgeheizt, dann wieder überstaut, sie trocknen aus, verkrusten mit Salz, süßen aus, wachsen zu, werden wieder aufgerissen. Nicht viele Arten vermögen ein derartig weites Spektrum von Umweltbedingungen mit extremen Parameterwerten überhaupt zu ertragen. Um den Schwankungen folgen zu können, müssen viele Salzorganismen sehr beweglich sein. Ein Käfer, der im feuchten Schlamm des Lackenufers Fliegen jagt, muss zur nächsten wasserführenden Lacke fliegen können, wenn die Austrocknung bevorsteht. Die Landschaft, in die die Salzstellen eingebettet sind, muss solche Ausweichbewegungen ermöglichen. In früheren Zeiten waren der Seewinkel und wohl auch das Pulkautal ein Mosaik von eng verzahnten Feucht-, Salz-, Sand-, und Trockenstandorten. Trocknete eine Salzstelle aus, so enthielt eine tiefer gelegene vielleicht noch Wasser. Trittstein-Biotope und Wander-Korridore, die eine Bewegung in der Landschaft erleichterten, waren in Fülle vorhanden.

Heute ist das Lebensraum-Netzwerk an vielen Stellen zerrissen, das Landschafts-Mosaik unterbrochen. Große, intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen mit hohem Agrochemie-Einsatz sind für die meisten Salzbodenbewohner unüberwindliche Hindernisse. Die Entfernungen zwischen geeigneten Salzstellen wurden größer und schließlich auch für viele flugfähige Arten unüberwindlich. Somit können selbst manche jener Salzstellen, die gute Bedingungen bieten würden, nicht mehr besiedelt werden.

9.2 Von Hutweidewirtschaft zum Schilfsumpf und zurück: Der Seewinkel

9.2.1 Lackensterben

Das bedeutendste und größte Salzlebensraumgebiet Österreichs ist der Seewinkel. Der heutige Reichtum an Salzstandorten ist aber nur ein schwacher Abglanz früherer Epochen. Mitte des 19. Jahrhunderts war zum Beispiel der Ort Illmitz im Südwesten des Seewinkels fast gänzlich von Salzsümpfen umgeben (DICK et al. 1994), Überflutungen waren an der Tagesordnung. Präsentieren sich die Salzlacken heute als isolierte Lebensräume inmitten großer Weinbaugebiete, so war damals der Seewinkel bei höheren Wasserständen noch ein Kontinuum von Salzgewässern. Nach Schätzungen von KOHLER et al. (1994) betrug Mitte des 19. Jahrhunderts die Lackenfläche 3.615 Hektar; etwa 139 Salzlacken existierten zu jener Zeit im Seewinkel. Sowohl Anzahl als auch Fläche der Lacken sind seit damals drastisch zurückgegangen. 1957 waren nur mehr 79 Lacken übrig, die Fläche betrug nur mehr 1.360 Hektar, also etwas mehr als ein Drittel der ursprünglichen Fläche. Die Schwarzen Lacken im Osten des Seewinkels, die ihren Namen der Moorartigkeit und ihrem hohen Huminstoffgehalt verdanken, und die Lacken im Hanság-Gebiet waren zu dieser Zeit bereits verschwunden. 1986 waren noch etwa 63 Seewinkel-Lacken verblieben, die Fläche betrug zu dieser Zeit nur mehr 805 Hektar. In den 1990er Jahren führten Trockenperioden zu einem weiteren Lackensterben; dabei fiel symptomatischerweise auch die Lange Lacke zum ersten Mal seit Menschengedenken trocken (vgl. Kap. 5.1.6). Damals waren noch etwa 40 Lacken üb-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 106: Vom Salzsee zum Weinsee (und zurück?). Wo sich einst ein Mosaik von Trockenrasen, Feuchtwiesen und Salzstandorten erstreckte, herrscht heute vielerorts Monotonie. Intensivweinbau im westlichen Seewinkel *(Foto: K. P. Zulka, 3.5.1997)*.

rig, von diesen zeigte aber nur mehr die Hälfte Vegetationszonierungen in typischer Ausprägung. Der Rest war in unterschiedlichem Ausmaß überformt, mit Schilf verwachsen oder ausgesüßt (MILASOWSZKY & ZULKA 1994).

Das Lackensterben ging nicht kontinuierlich vonstatten. Ein massiver Eingriff war der Bau des Einserkanals im Jahre 1910. Er bildete den Startschuss für die Anlage eines umfangreichen Entwässerungssystems. Eine Lacke nach der anderen wurde an dieses Drainagesystem angeschlossen. Für die meisten Lacken bedeutete dies, dass sie im Jahreszyklus wesentlich früher trockenfielen als vorher. Mit der Austrocknung ging auch eine Aussüßung einher, die offenen Salzfluren machten Sumpfwiesen oder Äckern Platz.

Mehrere Prozesse wirken zusammen, wenn eine Salzlacke verschwindet. Absenkung des Grundwasserspiegels durch Drainage und nachfolgende Aussüßung, Überdüngung und Verlandungsprozesse durch eingewehten Dünger, Überwachsung durch Schilf – all diese Faktoren tragen gemeinsam dazu bei, dass offene Salzflächen sich nach einigen trockeneren Jahren als Wiese präsentieren und nie mehr wieder ihr ursprüngliches Gepräge annehmen. Die Prozesse haben aber eine gemeinsame Ursache: den Wandel der Landnutzung seit Mitte des 20. Jahrhunderts mit dem Übergang von extensiver Hutweidenutzung zu Intensivweinbau, Intensivackerbau und Gemüsebau (Abb. 106).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9.2.2 Hutweide

Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts war im Seewinkel eine traditionelle Form der Viehhaltung üblich, die Hutweidewirtschaft. Am Morgen holte der Hirte die Rinder, Ziegen und Schafe von ihren Stallungen ab, trieb die gemischten Herden auf die gemeinschaftlichen Weideflächen und lieferte die Tiere am Abend wieder ab. Aus dieser Bewirtschaftungsform resultierte das typische Landschaftsbild des osteuropäisch-pannonischen Tieflands, eine weite, offene Landschaft ohne Baumwuchs, die Puszta (KOHLER et al. 1994).

Die Hutweidewirtschaft förderte die mosaikartige Vielfalt des Gebietes. Charakteristisch für den Hutweidebetrieb sind eine hohe Mobilität des Weideviehs, stark variierende Störungsintensität zwischen Triften und Lägerfluren und eine abwechslungsreiche Vegetationsstruktur, die durch sparrige, hochwüchsige Weideunkräuter einerseits und kurzrasige Trittstellen andererseits geprägt wird.

Um 1960 gab es im Seewinkel noch ca. 5.366 Hektar Hutweideflächen (SCHUSTER 1982); gegenwärtig liegt die Fläche unter 1.000 Hektar. Mit der Aufgabe der Viehzucht im Seewinkel wurden die wirtschaftlich wertlos gewordenen Weideflächen in den trockenen Lagen umgebrochen und oft als Weingärten genutzt. Die Feuchtwiesen und Salzwiesen hingegen fielen größtenteils brach, was in erster Linie dem fehlenden Weidedruck zuzuschreiben ist.

Eine ganze Gilde von Insekten, die Kot fressenden (coprophagen) Arten, war in ihrer Existenz an die großen herumstreifenden Herden gebunden. So war der Mondhornkäfer *(Copris lunaris)* noch ein Aushängeschild des Seewinkels, als er im Gebiet schon kaum mehr angetroffen wurde.

Doch nicht nur jene Arten, die über die Nahrungskette direkt vom Weidevieh abhängen, sind in ihrer Existenz an beweidete Flächen gebunden. Beweidung verhindert durch Tritt und Verbiss übermäßigen Pflanzenwuchs und reduziert die Beschattung; erst damit können bestimmte wärmeliebende Insekten mit pontisch-pannonischem Vorkommensgebiet in den offenen Salzrasen existieren. Sie brauchen die hohen Temperatursummen auf den offenen Bodenoberflächen und ertragen die extremen Verhältnisse mit Salzausblühungen und enormen Temperaturschwankungen. Die Aufgabe der Beweidung kann umgekehrt zur Folge haben, dass vergleichsweise anspruchslose Feuchtgebiets-Arten gefördert werden. Diese mögen zwar in der menschengeprägten Kulturlandschaft immer noch gewisse Schutzwürdigkeit beanspruchen, sind aber für das Gebiet wenig typisch und kommen europaweit gesehen wesentlich häufiger vor als die beweidungsabhängigen Salzboden-Spezialisten (ZULKA et al. 1997).

Nicht nur einzelne Tier- und Pflanzenarten, auch ganze Pflanzengesellschaften reagieren auf den verminderten Beweidungsdruck in dramatischer Weise. Der Vergleich aktueller Vegetationsaufnahmen (KORNER et al. 2000) mit pflanzensoziologischen Arbeiten aus der Epoche der Hutweidewirtschaft (BOJKO 1934; WENDELBERGER 1950) brachte deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung bestimmter Pflanzengesellschaften ans Tageslicht. Aus den historischen Beschreibungen der Halophytenvegetation des Seewinkels geht hervor, dass ein Großteil der Pflanzengesellschaften von der intensiven Hutweidenutzung geprägt war. So enthielten die historischen Aufnahmen typische Weidezeiger wie den Erdbeer-Klee *(Trifolium fragiferum)* oder das Gänse-Fingerkraut *(Potentilla anserina)*. Die Röhrichtarten Schilf *(Phragmites australis)* und Strandsimse *(Bolboschoenus maritimus)* waren viel seltener als gegenwärtig. Eine Zunahme der Verschilfung konnte in allen Pflanzengesellschaften, die nahe an der Überschwemmungslinie liegen, nachgewiesen werden; im Extremfall wurden die Lackenrandgesellschaften vollständig durch dichte, hochwüchsige Schilfbestände ersetzt.

Typischerweise sind die Wellenschlagszonen der Salzlacken schütter mit dem Zickgras (Neusiedlersee-Salzschwaden, *Puccinellia peisonis*) bestanden. Bei sehr intensiver Beweidung kann allerdings der Queller (Glasschmalz, *Salicornia prostrata*) das Zickgras verdrängen; der Queller war dementsprechend zur Zeit der Hutweidewirtschaft viel häufiger als gegenwärtig. Bei Wegfall des *„dauernden Befahrens oder Betretens, erkämpft sich das Puccinellietum* [Anmerkung: heute Atropidetum peisonis] *seinen alten Platz zurück"* (WENDELBERGER 1950). Heute ist der Queller nur mehr an ganz wenigen Stellen, beispiels-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

weise an der Legerilacke bei Podersdorf, anzutreffen, die allermeisten Lacken sind von einem Ring aus Zickgrasflur umgeben.

Für die Brutvögel des Gebietes war die Beweidung lange Zeit als Bedrohung, ja Gefahr angesehen worden. So schrieb SEITZ (1942): „*Große Rinderherden schieben sich Tag für Tag von den Dörfern auf die kilometerweit entfernten Weiden ... alles, was im Weg liegt, niedertrampelnd. Unvorstellbar sind die Auswirkungen auf die Brutvögel.*" FESTETICS (1970) drehte zum ersten Mal die Leserichtung um. Er beschrieb im Detail die Gefahren der Verbrachung für die Wiesenbrüter, die offene, weit einsehbare Bereiche um ihre Gelege brauchen. Das Schilf an den Lackenufern raubte uferbrütenden Vogelarten nicht nur die Aussicht auf mögliche Feinde, sondern letztendlich auch auf eine gedeihliche Zukunft im Gebiet.

Der offenen, durch die Hutweidewirtschaft geprägten Puszta-Landschaft den endgültigen Garaus gemacht haben aber die Pappel-, Robinien- und Ölweiden-Haine, die im Seewinkel an vielen Stellen angepflanzt wurden. Der Charakter einer einförmigen baumlosen Ebene ging dadurch vielerorts verloren. Aber auch aus der Sicht des Naturschutzes ist die Robinie eine sehr fragwürdige Bereicherung. Diese aus Nordamerika eingeführte Art ist zur Luftstickstoffbindung fähig, was zur Folge hat, dass Magerrasen, in denen sie sich ausbreitet, eutrophiert und ruderalisiert werden. Sie besiedelt auch nährstoffärmste, extrem trockene Sandböden in unmittelbarer Nähe von Salzstandorten. Mit meterlangen ausläuferartigen Wurzeln kann sie sich schnell ausbreiten und ist sehr schwer zu bekämpfen, da Abholzung die Wurzelbrut fördert.

9.2.3 Hydrologie

Die Aufgabe der Weidewirtschaft ist nicht die einzige Begleiterscheinung der landwirtschaftlichen Intensivierung. Der Seewinkel von heute ist ein Nebeneinander von intensiv genutzten Weingärten, Äckern und Salzlacken. Pufferzonen zwischen intensiv genutzten Flächen und Salzlebensräumen fehlen oder sind sehr schmal. Für das Wenden der Traktoren muss gelegentlich die Salzlacke herhalten. Ein Teil des Düngers wird verweht und sorgt für üppiges Algen- und Pflanzenwachstum in den seichten Salzlacken. Ein Teil des Verschilfungs- und Verlandungsproblems ist somit unter dem Aspekt des erhöhten Eintrags von Dünger in die Salzlacken zu sehen.

Am meisten haben jedoch die hydrologischen Veränderungen im Zuge der landwirtschaftlichen Intensivierung die Salzstandorte verändert. Entwässerung und Meliorisation vieler Böden waren eine Voraussetzung, um überhaupt von der Viehwirtschaft weg zu intensiveren Bewirtschaftungsmethoden zu kommen. Das bereits erwähnte umfangreiche Drainagesystem sorgte und sorgt dafür, dass die Lacken wesentlich schneller austrocknen, als dies dem natürlichen Jahreszyklus entspricht. Riesige Bewässerungssysteme im Zentralteil des Seewinkels tun ein Übriges zur Absenkung des Grundwasserspiegels.

Wie hängen nun aber Grundwasserabsenkung und Trockenfallen einerseits und Aussüßung und Schilfüberwachsung andererseits zusammen? Wie bereits erwähnt, erhöht die Austrocknung zwar auf kurze Sicht natürlich die Salzkonzentration im Oberboden, auf längere Sicht wird aber die Salzkruste, die durch Eindunsten des Lackenwassers entsteht, durch Niederschläge in tiefere Bodenschichten gewaschen. Voraussetzung für hohe Salzgehalte im Oberboden ist eine durch Verdunstung getriebene kapillar aufsteigende Wasserbewegung, die salzhaltiges Wasser an die Oberfläche befördert und das Sodasalz hier auskristallisieren lässt (KRACHLER 1993, STEINER 1994; Abb. 107). Dieser Prozess ist an zwei Voraussetzungen gebunden: (1) Die Oberfläche muss offen sein, denn die Einstrahlung ist die treibende Kraft dieser Salzpumpe. In einem beschatteten Boden kann diese Salzanreicherung nicht stattfinden. (2) Der Grundwasserspiegel muss so hoch stehen, dass von unten her stützender Druck auf die Salzlauge im Boden ausgeübt wird und so die kapillare Zirkulation nicht abreißt.

Beide Bedingungen sind im Seewinkel an vielen Stellen nicht mehr erfüllt. Angepflanzte Gehölzstreifen, unbeweidete Schilfgürtel und eine verfilzte Vegetation führen dazu, dass die treibende Kraft der hohen Einstrahlung vielerorts wegfällt. Gleichzeitig sackt der Grundwasserspiegel durch die genannten

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

hydrologischen Veränderungen ab, der schwere klebrige Tonboden wird schwundrissig, das Salz wird in die Tiefe gewaschen. Allerwelts-Pflanzen können sich etablieren, was wiederum die Beschattung verstärkt. Mit diesem Prozess der verstärkenden Rückkoppelung kann innerhalb von wenigen Jahren aus einer offenen Salzlacke ein Hochstauden-Dickicht werden. Wer am Ferienzentrum Pannonia östlich von Apetlon vorbeifährt, wird sich schwer vorstellen, dass noch vor 50 Jahren Szerdahelyer Lacke, Schwarzseelacke und Schwarzer See den Raum einnahmen, auf dem gegenwärtig dichte, geschlossene Riedvegetation die Hotelbauten umgibt (Abb. 108). Auch das Nationalparkzentrum steht auf ehemaligem Lackenboden. Wo heute die Besucher über die Gefährdung der Salzstandorte informiert werden, erstreckte sich noch 1935 die Krötenlacke (MACHURA 1935a), eine den Bildern und Beschreibungen nach durchaus typische, wenngleich nicht extrem saline Lacke, von der zur Zeit der Nationalpark-Einrichtung 60 Jahre später jegliche Spuren fehlten.

Abb. 107: Ein intakter Salzstandort im Seewinkel. Durch Verdunstung wird salzhältiges Bodenwasser an die Oberfläche befördert, wo das Sodasalz auskristallisiert *(Foto: I. Korner).*

Abb. 108: Tod einer Salzlacke. Wo sich inzwischen dichte Riedvegetation befindet, weisen alte Karten noch die Schwarze Lacke (beim Feriendorf Pannonia östlich von Illmitz) aus *(Foto: K. P. Zulka, 29.6.1997).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Lange Lacke war um 1910 noch völlig schilffrei (RAUER & KOHLER 1990). 1940 wuchsen einige vereinzelte Rohrhorste; das Südostufer war von einem schmalen Rohrgürtel gesäumt. 1990 war das Ufer der Langen Lacke bereits zu 56 % verschilft. Der Illmitzer Zicksee war 1910 mit einem schmalen Schilfgürtel am Ostufer bewachsen, gegenwärtig ist das Ufer zu 71 % mit Schilf bestanden. Der Kirchsee war 1940 völlig vegetationslos; bevor das Beweidungsprogramm Ende der 1980er Jahre in Kraft gesetzt wurde, war seine Uferlinie zu 78 % mit Schilf bewachsen (RAUER & KOHLER 1990). Das Schilf ist bemerkenswert salztolerant; dichte Schilfbestände, die an eine Salzstelle grenzen, können mittels kriechendem Wurzelstock diese Salzstelle in kurzer Zeit besiedeln und überwachsen. Natürlich sind auch Schilfsümpfe ein wertvoller Lebensraum, der seltene und schützenswerte Arten beherbergt. Die Kernzone des Nationalparks „Neusiedler See – Seewinkel" besteht schließlich größtenteils aus solchen Schilfsümpfen. Nichtsdestoweniger rivalisiert der Lebensraumtyp an den Lackenufern mit Salzbiotoptypen, die als wesentlich seltener und schutzwürdiger einzuschätzen sind.

Abb. 109: Richtig dosiert schafft Beweidung ein Mosaik aus kurzrasigen, riedartigen und ganz offenen salzverkrusteten Bodenstellen, das die Habitatansprüche von vielen Tierarten auf engem Raum erfüllt. Geiselsteller bei Illmitz *(Foto: K. P. Zulka, 4.5.1997).*

9.2.4 Beweidungsprogramm

Anfang der 1980er Jahre wurde deutlich, dass zur Bewahrung der letzten weiten offenen Salzstellen und zur Eindämmung des Schilfs ein Beweidungsprogramm hilfreich sein könnte. RAUER & KOHLER (1990) argumentieren folgendermaßen: (1) Beweidung hat ursprünglich die Landschaftsteile geprägt, die erhalten werden sollen; (2) Beweidung wirkt durch Tritt, Verbiss und Düngung differenzierend auf die Vegetation und schafft so Vielfalt und Abwechslung (Abb. 109); (3) Beweidung kann besser dosiert werden als Mahd oder Brand; (4) Großvieh erhöht die Verfügbarkeit der Nahrung für sekundäre Weidegänger, insbesondere für Wildgänse; (5) Beweidung fördert eine spezialisierte Entomofauna, insbesondere eine Fauna der Kot fressenden Käfer.

RAUER & KOHLER (1990, p. 235) stellen allerdings zu Recht auch klar, dass es nicht darum gehen kann, die traditionelle Weidewirtschaft im Seewinkel wieder einzuführen. Dem stehen neben ökonomischen Sachzwängen auch Naturschutzargumente entgegen. Besser sei es, von der *„Einführung kontrollierter Beweidung zu Naturschutzzwecken"* (RAUER & KOHLER 1990) zu sprechen. Damit wird klar eingegrenzt, dass Beweidung als Instrument des Naturschutzes verstanden werden muss. Wenn diese Priorität nicht klar erkannt und allgemein akzeptiert wird, dann, so lehrten Erfahrungen aus ganz Europa, können naturschutzmotivierte Beweidungsprogramme leicht unter die Räder ökonomischer und viehhaltungstechnischer Sachzwänge geraten und schließlich als Fehlschlag enden.

1987 wurde im Seewinkel zunächst eine kleine Herde von Aberdeen-Angus-Rindern etabliert, die fortan für den Naturschutz weiden, zertreten und verdauen sollte. Mittlerweile sind auch Przewalski-Pferde, Graue Ungarische Steppenrinder und Weiße Esel in den Dienst der Schilfeindämmung gestellt worden.

Die Pflanzengesellschaften haben sich in den ersten Jahren der Beweidung zunächst nur wenig verändert (KORNER et al. 1999). In den Lackenrand- und Lackenbodengesellschaften sind jedoch bestimmte seltene Halophyten seit der Wiederaufnahme der Be-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

weidung wieder vermehrt aufgetreten. Das betrifft vor allem seltene Arten wie das Salz-Zypergras *(Cyperus pannonicus),* den Queller *(Salicornia prostrata*), den vom Aussterben bedrohten Dünnähren-Wegerich *(Plantago tenuiflora*) und das Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* am Illmitzer Zicksee. Eine Verbreitung der Samen durch Rinder, auch von einer Lacke zur nächsten, ist für diese einjährigen Arten anzunehmen.

Im Großen und Ganzen hat sich somit die Beweidung der Lebensräume am Illmitzer Zicksee, im Seevorgelände zwischen Podersdorf und Illmitz sowie im Seevorgelände bei Apetlon bis jetzt bewährt (Abb. 110). Zur Eindämmung des Schilfs ist der normale Weidebetrieb allerdings zu wenig druckvoll. Viele Salzlacken-Ufer könnten vermutlich nur dann vom Schilf befreit werden, wenn die Herden im zeitigen Frühjahr massiv in die Uferzonen getrieben würden, wo sie die jungen Schilftriebe abfressen und durch Tritt die Schilfrhizome schädigen (Abb. 111). Dies führt aber wieder zu Trittschäden, die eine Ausbildung typischer Solontschakböden ebenso beeinträchtigen wie Wagenspuren, die durch Befahren mit Traktoren bei feuchtem Wetter entstehen (BLIONIS & WOODIN 1999). Beispiele solch übermäßiger Trittbelastung, die einigen typischen Solontschakbewohnern die Existenzmöglichkeit raubt, finden sich rund um die Lange Lacke, aber auch im Gebiet des Illmitzer Zicksees. Im Gebiet der Langen Lacke sind die Herden auch schon so groß geworden, dass lokal Überweidung droht.

Ungarisches Steppenrind, Przewalski-Pferde und Weiße Esel sind mit der Zeit zu bemerkenswerten Attraktionen im Seewinkel geworden. Die Faszination, die von diesen alten Haustierrassen ausgeht, birgt aber die Gefahr, dass die ursprüngliche Ziele der Beweidung, nämlich die Erhaltung einer kurzen offenen Gras- und Ufervegetation, die Eindämmung des Schilfs und die Erhaltung der Salzstandorte, zunehmend aus dem Fokus geraten. Beweidung war aber nie als Selbstzweck, sondern von Anfang an als ein Instrument des Naturschutzes konzipiert gewesen (RAUER & KOHLER 1990).

Abb. 110: Gemischte Herden im Dienste des Naturschutzes in der Nähe der Wörtenlacke (zentraler Seewinkel) *(Foto: K. P. Zulka, 17.5.1997).*

Abb. 111: Wegen ihrer höheren Laufaktivität ist das Verhältnis von Tritt- zu Verbissbelastung bei Pferden höher als bei Rindern. Sie sind damit eine mögliche Alternative, wenn eine hohe Trittbelastung zur Eindämmung der Schilfwurzelausläufer im Frühjahr gewünscht ist, wie hier im Seevorgelände des Neusiedler Sees *(Foto: K. P. Zulka, 3.5.1997).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9.3 Rückweg verbaut? Baumgarten an der March

Abb. 112: *Aster canus*, die Grau-Aster, eine hochwüchsige, stark gefährdete Pflanze salzig-toniger Wiesen *(Foto: K. P. Zulka)*.

Abb. 113: *Peucedanum officinale*, der Echte Haarstrang, stattliche, bis 2 m hohe, vom Aussterben bedrohte Arzneipflanze schwach salziger Wiesen *(Foto: K. P. Zulka)*.

Die Salzsteppe bei Baumgarten an der March stellt eine seltene Alkali-Trockensteppe in enger Verzahnung mit feuchteren Wiesenbereichen dar (vgl. Kap. 7.5). Sie ist durch das Vorkommen einiger bemerkenswerter Salzpflanzen ausgezeichnet. In den tiefer gelegenen Bereichen sind Alkalirasen mit der Grau-Aster (*Aster canus,* Abb. 112) ausgebildet. Weitere botanische Raritäten des Gebietes sind der Echte Haarstrang (*Peucedanum officinale,* Abb. 113), der Salz-Beifuß (*Artemisia santonicum,* Abb. 114) und das Salz-Hasenohr (*Bupleurum tenuissimum,* Abb. 115). WENDELBERGER (1964) rechnet die tiefer liegenden Abschnitte der Alkalisteppe der Pflanzengesellschaft Peucedano-Asteretum punctati zu; diese Gesellschaft kommt weder im Seewinkel noch an irgendeiner anderen Stelle in Österreich vor. Größere Teile des Gebietes werden von Halbtrockenrasen eingenommen, die auf den höher gelegenen Teilen ausgebildet sind.

Aufgrund von Begehungen in den Jahren 1989 und 1990 bewerteten PAAR et al. (1993) den Zustand des Naturschutzgebietes „Baumgarten an der March“ als „schlecht“. Die Randbereiche des Gebietes werden

Abb. 114: *Artemisia santonicum*, der Salz-Beifuß, stark gefährdeter Korbblütler von Salzsteppenrasen *(Foto: K. P. Zulka)*.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

intensiv agrarisch genutzt. Das Gebiet selbst verbuscht mit Weißdorn und Schlehdorn. Sand- und Kiesabbau führen zum Flächenverlust und zur Degradation des Gebietes durch Grundwasserabsenkung. Eine unbefestigte aber breite Fahrstraße teilt das Gebiet in zwei Hälften.

Ein Schutz-, Erhaltungs- und Managementkonzept für die Salzsteppe Baumgarten musste alle genannten Punkte berücksichtigen. Die angrenzenden und im Naturschutzgebiet gelegenen Äcker sollten in Wiesen oder Weiden umgewandelt werden. Das Gebiet selbst sollte wieder genutzt werden, um zu verhindern, dass es vollständig mit Gebüsch zuwächst.

Die Feucht- und Trockenwiesen des Naturschutzgebietes wurden somit im Sommer 1996 nach einigen Jahrzehnten erstmals wieder beweidet, und zwar mit schottischen Galloway-Rindern. Diese Rinderrasse eignet sich grundsätzlich gut für eine extensive Beweidung. Da die Tiere kleiner und leichter als heimische Rassen sind, sinken sie in feuchten, weichen Böden nicht so tief ein. Galloways sind zudem sehr robust und widerstandsfähig gegen Krankheiten – sie können auch im Winter im Freien gehalten werden – und überdies, was die Nahrung angeht, wenig wählerisch.

Unklar war allerdings, wie die wertgebenden Arten Grau-Aster *(Aster canus)* und Echter Haarstrang *(Peucedanum officinale)* auf die Beweidung reagieren würden. Eine Auflage der Naturschutzbehörde sah daher vor, dass etwa drei Viertel der Grau-Aster-Bestände und über 90 % der *Peucedanum*-Vorkommen eingezäunt und von der Beweidung ausgenommen werden sollten.

Anders als im Seewinkel-Nationalpark, wo das Beweidungsprogramm von Anfang an von wissenschaftlichen Begleituntersuchungen flankiert wurde, fehlt in der Baumgartner Salzsteppe eine begleitende Kontrolle oder eine Erfolgsevaluierung. Allerdings wurde das Gebiet immer wieder in den Folgejahren besucht.

Bei einer Begehung im Oktober 1996 zeigte sich, dass die beiden stark gefährdeten Pflanzenarten Salz-Beifuß *(Artemisia santonicum)* und Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* vollständig abgefressen waren und nicht geblüht hatten. Damit war auch die Nahrungsgrundlage für Blütenbesucher stark eingeschränkt.

Auch bei einer Exkursion der Autoren am 1.6.2000 präsentierten sich die beweideten Abschnitte stellenweise vegetationsfrei und stark überweidet; die Salzpflanzen waren auf den nicht eingezäunten beweideten Flächen nahezu gänzlich abgefressen. Hingegen waren die Weißdornbüsche als Schattenspender für die Rinder erhalten geblieben.

Bei einer neuerlichen Begehung am 8.8.2004 konnte der Salz-Beifuß *(Artemisia santonicum)* noch an zwei Stellen der höher gelegenen, beweideten Alkalisteppen ausfindig gemacht werden und auch das Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* war an diesen Stellen noch in einem vitalen Bestand anzutreffen. Dagegen schienen die Arten Grau-Aster *(Aster canus)* und Echter Haarstrang *(Peucedanum officinale)* von der Beweidung nicht zu profitieren. Der hoch-

Abb. 115: Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum),* unscheinbare botanische Rarität trockener, salziger Wiesen *(Foto: K. P. Zulka).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 116: Durch die Beweidung arg zerzauste Überreste des Echten Haarstrangs *(Peucedanum officinale)* *(Foto: K. P. Zulka, 8.8.2004).*

wüchsige Haarstrang kommt auf den beweideten Abschnitten nur ganz vereinzelt vor und wird dort stark verbissen (Abb. 116). Die Grau-Aster bedeckt zwar noch stellenweise den Boden in den beweideten Abschnitten, die Beweidung verschiebt allerdings die Pflanzendeckungsverhältnisse eher zu ihren Ungunsten (Abb. 117). Eine gravierende Bedrohung stellen nach wie vor die Weiß- und Schlehdorn-Gebüschgruppen dar, die immer noch große Teile der Osthälfte des Gebietes bedecken. Die Rinderbeweidung scheint die Ausbreitung der Schlehe nicht ausreichend zu behindern (Abb. 118); bei aller Bedürfnislosigkeit ziehen die Hochlandrinder die würzigen Salzpflanzen dem Schlehdorn-Jungwuchs als Nahrung ganz offensichtlich vor.

Die Alkali-Trockensteppe Baumgarten ist ein illustratives Beispiel dafür, wie sich Beweidung, die nicht unter ständiger Kontrolle auf ein klar definiertes Na-

Abb. 117: Von einer Förderung der Grau-Aster *(Aster canus)* durch die Beweidung kann nicht ausgegangen werden *(Foto: K. P. Zulka, 8.8.2004).*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 118: Beweidung schafft offene Flächen für den Schlehen-Jungwuchs, der Verbiss der dornigen Pflanze hält sich allerdings – Genügsamkeit der Hochland-Rinder hin oder her – in Grenzen *(Foto: K. P. Zulka, 8.8.2004)*.

turschutzziel ausgerichtet ist, eigendynamisch in eine problematische Richtung entwickeln kann. Zum Ersten profitieren nicht alle Salzpflanzen von der Beweidung; die beiden wichtigsten Pflanzenarten des Gebiets müssen durch Zäune vor dieser Managementmaßnahme geschützt werden. Zum Zweiten ist Beweidung nur dann zuträglich, wenn die Dosis kontrolliert wird. Zum Dritten gewährleistet Beweidung nicht automatisch, dass Probleme wie Verbuschung und Beschattung der Flächen gelöst werden. Zum Vierten kann Beweidung auch im besten Falle oft nur Symptome kurieren, deren Ursachen im wahrsten Sinne des Wortes tiefer liegen; so wird in Baumgarten in der unmittelbaren Nachbarschaft der Salzstelle in einer Schottergrube massiv Grundwasser abgepumpt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9.4 Entwässerungen, geringe Gesamtflächengröße, isolierte Lage, Artenverluste: Zwingendorf im Pulkautal

Im Pulkautal befanden sich vor der Zeit des Menschen ausgedehnte Auwälder entlang der mäandrierenden Pulkau. Infolge von Hochwasserereignissen des Flusses gab es aber auch damals wahrscheinlich immer wieder kleinflächig offene Bodenstellen, auf denen Salz, das aus dem tieferen Untergrund durch Verdunstung heraufbefördert wurde, ausblühte. Diese Salzstellen wuchsen langsam wieder zu, während an anderen Stellen neue entstanden. Dann begann der Mensch zu roden. Große Flächen waren aber wegen des anstehenden Grundwassers ackerbaulich nicht nutzbar, auch als Weideflächen waren sie nicht ertragreich. Sie waren nutzlose Flächen, die man allenfalls als Hintausacker nutzte, wo man Teiche zum Waschen des Viehs aushob. Aus naturschutzfachlicher Sicht war die Talsohle der Pulkau damals einer der bedeutendsten Feuchtwiesenzüge des Weinviertels (SAUBERER et al. 1999). Aus ökonomischer und ackerbaulicher Sicht war man jedoch darüber unglücklich. Im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts boten sich die technischen Möglichkeiten, die Hochwässer durch Regulierungen der Pulkau einzudämmen und schließlich im Zuge eines ehrgeizigen Entwässerungsprojekts das gesamte Gebiet stark zu drainagieren (PULKAU-ABWASSERVERBAND 1989). Der Grundwasserspiegel wurde dadurch um mindestens einen halben Meter großräumig abgesenkt. In den entwässerten Feuchtschwarzerden im Raum Zwingendorf befinden sich in einer Tiefe von 50 bis 70 cm Salzhorizonte (Schneider, Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, mündl. Mitt.). Viele der gegenwärtig entwässerten, ehemaligen Feuchtwiesen haben daher zumindest potenziell Salzcharakter.

Abb. 119: Das Vorkommen der Pannonischen Salzmelde *(Suaeda pannonica)* im Raum Zwingendorf ist erloschen *(Foto: I. Korner).*

Der agrarstrukturelle Wandel machte auch vor den Salzwiesen des Pulkautals nicht Halt. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ging ihre Fläche dramatisch zurück. Auf Flächen, die nicht den Entwässerungsmaßnahmen zum Opfer fielen, wurde vielfach Bauschutt abgelagert. So führt beispielsweise JURASKY (1980) aus: *„Etwa 1 km östlich von Zwingendorf an der Straße nach Wulzeshofen befindet sich links neben dem Straßengraben eine sumpfige Vertiefung, wahrscheinlich ein ehemaliger Eisteich. Hier wachsen* Scorzonera parviflora*, die Kleinköpfige Schwarzwurz,* Suaeda pannonica*,* Aster tripolium*,* Salicornia herbacea*,* Spergularia marginata*."* Heute ist diese Fläche verfüllt und weist lediglich eine einförmige, nährstoffliebende Brachevegetation auf.

Die massiven Flächenverluste und die negativen Einwirkungen auf die verbliebenen Restflächen führten zwangsläufig zu einem Rückgang der Artenvielfalt. Obwohl die aktuellen floristischen Erhebungen noch nicht gänzlich abgeschlossen sind, ist das Verschwinden etlicher Charakterarten der Halophyten-Vegetation belegt. Dazu zählen Glasschmalz *(Salicornia prostrata)*, Pannonische Salzmelde (*Suaeda pannonica*, Abb. 119), Dänischer Tragant *(Astragalus danicus)*, Salz-Schwarzwurz *(Scorzonera parviflora)* und Sumpfgras *(Heleochloa schoenoides)*. JANCHEN (1977) schrieb noch vor 25 Jahren über das Vorkommen der Pannonischen Salzmelde *„im Pulkautal mehr-*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

fach, so bei Hadres, Seefeld, Laa und bes. reichlich auf der Saliterheide bei Zwingendorf". Die Vorkommen von Dorngras *(Crypsis aculeata)* und Salz-Hasenohr *(Bupleurum tenuissimum)* sind bereits seit etwa zwei Jahrzehnten nicht mehr bestätigt und möglicherweise ebenfalls erloschen.

Die geringen Populationsgrößen bedingen naturgemäß eine große Empfindlichkeit gegenüber zufälligen Ereignissen. In früheren Zeiten bedrohte das Verschwinden auf einer Einzelfläche in der Regel nicht den gesamten Bestand und konnte durch Zuwanderung von Individuen aus der Umgebung wieder kompensiert werden.

Im Jahr 1979 wurden Teile der Salzlebensräume um Zwingendorf (der Hintausacker am nördlichen Ortsrand und die Saliterwiese zwei Kilometer östlich der Ortschaft) als Naturschutzgebiet „Glaubersalzböden" unter Schutz gestellt. Vom Anfang der 1990er Jahre liegen Befunde zum Zustand dieses Naturschutzgebietes vor. SAUBERER (1993) führt Nährstoffeintrag, Grundwasserabsenkung und Verbrachung als Gefährdungsursachen an. PAAR et al. (1993) kommen zum Schluss, der Bestand der typischen Halophyten-Vegetation und auch der Fauna sei durch Ruderalisierung und Einwanderung von Gehölzen hochgradig gefährdet, und bewerten den Zustand des Gebietes als „schlecht". Neu entstandene Brachen auf Salzstandorten im Umfeld des Naturschutzgebietes brachten zwar in kurzer Zeit eine überraschend hohe Anzahl an seltenen Pflanzenarten hervor, sie sind aber in ihrem Bestand keineswegs gesichert, wie das Beispiel des bereits erwähnten Fußballfeldes zeigt, das an einer dieser Stellen in den Jahren 2000 und 2001 angelegt wurde.

9.4.1 Verbrachung, Eutrophierung, Ruderalisierung

Schon vor mehreren Jahrzehnten wurde die Nutzung der Salzwiesen um Zwingendorf – mit den schon angesprochenen negativen Auswirkungen – aufgegeben. Das Ausbleiben der Beweidung führte zu einer Verfilzung der Krautschicht, wie sie insbesondere durch den Furchen-Schwingel *(Festuca rupicola)* auf fast der ganzen Saliterwiese besonders drastisch auftritt. Nachteilig betroffen sind davon Tierarten, die auf offene Bodenstellen angewiesen sind. Geschlossene krautige Vegetationsbestände verdrängen auf den Salzwiesen typische Offenboden-Pflanzen wie etwa das Strandmilchkraut *(Glaux maritima)* oder die Flügel-Schuppenmiere *(Spergularia maritima)*.

Auf manchen Flächen dominieren bereits Arten wie Schilf *(Phragmites australis)* oder Land-Reitgras *(Calamagrostis epigejos)*. Während Maßnahmen zum Zurückdrängen des Schilfs (Mahd am Dorfteich/Hintausacker) bereits greifen, nimmt das Land-Reitgras nach wie vor zu. Ohne Bewirtschaftungs- oder Pflegeeingriffe kommt es außerdem zu einem fortschreitenden Verbuschen und in dessen Folge zu einem Verschwinden der Halophyten-Vegetation. Zu den aufkommenden Gehölzen zählen unter anderem Dornsträucher, Esche, Eschen-Ahorn und Robinie. Als besonders bedrohlich ist die rasche Ausbreitung der Ölweide auf der Saliterwiese zu werten.

Änderungen im Artengefüge zugunsten von „Allerweltsarten" durch Nährstoffanreicherungen sind sowohl auf der Fläche des Zwingendorfer Dorfteichs als auch auf der Saliterwiese zu beobachten (Ruderalisierung). Die intensive agrarische Nutzung des Umlandes und die Windhäufigkeit lassen erhebliche Düngereinträge erwarten. Lokale, aber beträchtliche Nährstoffeinträge gehen auch von Wildfütterungen der Jägerschaft aus. Mit den Knöllchenbakterien in ihrer Wurzel bewirkt die Robinie eine starke Stickstoffüberdüngung des Bodens; im Unterwuchs des Robinienbestandes auf der Saliterwiese sind Stickstoffzeiger dementsprechend vorherrschend.

9.4.2 Gegenwärtige Situation

Mit dem Kauf der Fläche Dorfteich/Hintausacker durch das Land Niederösterreich im Jahre 1979 wurde das Gebiet zum Naturschutzgebiet erklärt und gleichzeitig auch die im Besitz der Gemeinde Großharras befindliche Saliterwiese unter Schutz gestellt. Dringend notwendige Pflegemaßnahmen wurden aber erst eineinhalb Jahrzehnte später, Mitte der 1990er Jahre ergriffen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Am Dorfteich/Hintausacker begann man mit dem Entfernen von Bauschutt, dem Schwenden von neu aufgelaufenem Gehölzbewuchs und der Mahd von Schilfbeständen. Hatten die Salzlebensräume zuvor eine Vernachlässigung erfahren, wurden nun auch teils radikale Maßnahmen gesetzt: Mittels einer Schubraupe wurde der Oberboden bis zum salzführenden Horizont abgeschoben. Ziel der Bemühungen war die Erhaltung des Strandmilchkrauts *(Glaux maritima)*, jener Art, für die die Zwingendorfer Salzstandorte bekannt sind, und die auch zur Ausweisung als Naturschutzgebiet geführt hatte. Obwohl die von Strandmilchkraut bewachsenen Bereiche damit eindeutig gesichert und sogar vergrößert werden konnten, ist diese Vorgangsweise dennoch nicht unproblematisch. Ein umfassendes Naturschutzkonzept, das auch die Ansprüche halophiler, wirbelloser Tierarten zu berücksichtigen gehabt hätte, fehlte ebenso wie ein begleitendes Monitoring zur Erfolgskontrolle und zur Vermeidung etwaiger negativer Einflüsse des Oberbodenabtrags. Der standörtlichen und geographischen Sondersituation wegen war es jedoch durchaus nahe liegend, dass die Zwingendorfer Salzstandorte auch in faunistischer Hinsicht Besonderheiten aufzuweisen haben, was wenige Jahre später beispielsweise mit einem Fund der extrem seltenen Spinnenart *Dactylopisthes digiticeps* an den neu ausgehobenen Tümpeln belegt werden konnte (ZULKA 2001). Auch die in Niederösterreich vom Aussterben bedrohte Ameisenart *Myrmica salina*, eine anspruchsvolle Bewohnerin von Salzlebensräumen (SCHLICK-STEINER et al. 2003), findet auf den mehr oder weniger vegetationsfreien Flächen mit Salzausblühungen ideale Bedingungen vor.

So wurde erst einige Jahre nach den ersten Maßnahmen ein Pflegekonzept entwickelt (HOLZER et al. 2002). Dabei flossen neben vegetationskundlichen und ornithologischen Ergebnissen auch Daten zu fünf wirbellosen Tiergruppen (Heuschrecken, Wanzen, Zikaden, Ameisen und Wildbienen) ein. Pflegeempfehlungen wurden nicht nur für den Dorfteich/Hintausacker gegeben, sondern auch für die in den bisherigen Pflegebemühungen nicht integrierte Saliterwiese sowie für weitere Salzstandorte im Zwingendorfer Raum, die erst im Zuge von Kartierungen neu aufgefunden worden waren. Eine Ausweitung des hoheitlichen Schutzes auf diese Bereiche wurde ebenso angeregt wie die Einbindung in das kohärente europäische ökologische Netz besonderer Schutzgebiete (Natura 2000). Neben einer in Zeitpunkt und Intensität abgestuften Mahd von Teilflächen wurden Maßnahmen zur teilweisen Offenhaltung des Bodens (zum Beispiel Nachbeweidung) vorgeschlagen. Des Weiteren wurde auf Aspekte wie beispielsweise die Umlegung der Pflegeeingriffe auf die unterschiedenen Teilflächen, Vorgaben zum Schutz spezieller wirbelloser Arten, praktische Empfehlungen zur Umsetzung und den Aufruf zu einer verstärkten Öffentlichkeitsarbeit eingegangen. Weitgehend ungelöst blieb hingegen das Problem der großflächigen Grundwasserabsenkung: Die enorme Tragweite wurde zwar erkannt, abseits von Symptombekämpfungen wäre aber eine Besserung nur im Rahmen eines langfristigen hydrologischen Konzeptes für die gesamte Region möglich.

Zentrale Schwierigkeit bleibt weiter die unverhohlene Skepsis bis strikte Ablehnung, die dem Naturschutz vor Ort entgegengebracht wird. Insbesondere erhebt die Jägerschaft ungeteilten Anspruch auf die Entscheidungen, wie sich die geschützten, aber auch die nicht unter Schutz gestellten Salzstandorte in Zukunft zu entwickeln hätten. Pflegeeingriffe werden pauschal abgelehnt, Aufforstungsbestrebungen unvermindert fortgesetzt. Der hohe gesellschaftliche Stellenwert, der der Jagd im Gemeindeleben zukommt und die Tatsache, dass mit Ausnahme des Dorfteichs/Hintausackers alle Zwingendorfer Salzstandorte im Besitz der Gemeinde sind, bereiten dem Naturschutz bislang massive Probleme. Entscheidungen, die nicht von der Jägerschaft akzeptiert sind, werden von den Gemeindevertretern gescheut. Initiativen des Naturschutzes sieht man lieber in der Mitfinanzierung tourismuswirksamer Schauräume als in der Umsetzung von Pflegemaßnahmen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9.5 Die südmährischen Salzstandorte: Ein Nachruf

Nach 1950 wurden die drei damals artenreichsten Fundorte von Salzpflanzen im tschechischen Südmähren unter Naturschutz gestellt. Trotzdem konnte ihr Untergang nicht verhindert werden. Bei Terezín und Velké Němčice sind bereits vor 1970 alle anspruchsvollen Halophyten ausgestorben, was zur Folge hatte, dass das Naturschutzgebiet bei Terezín wieder aufgehoben wurde. Ursache der Artenverluste waren die Trockenlegung der umliegenden Grundstücke und, im zweiten Fall, auch mangelnde Pflege.

Auch der dritte Salzstandort am Nesyt-Teich bei Sedlec verlor viel von seinem ehemaligen Artenreichtum: 1976 wurde letztmals der Queller *(Salicornia prostrata)* gesichtet, die Salzmelde *(Suaeda prostrata)* erlosch neun Jahre später. In beiden Fällen handelte es sich um die letzten Vorkommen in Tschechien. Auch das Fuchsschwanz-Sumpfgras *(Heleochloa alopecuroides)* zählt zu den verlorenen Arten der Halophytenflora Südmährens.

In den 1980er Jahren wurden die wichtigsten Halophyten-Fundorte neu untersucht. Aufgrund aktueller Erkenntnisse wurden in weiterer Folge zwei kleine Naturschutzgebiete – bei Dobré Pole und Novosedly – ausgewiesen. Außerdem kommen Halophyten gegenwärtig vereinzelt noch an anderen Stellen vor, so zum Beispiel auf vernässten Feldern zwischen Velké Bílovice und Rakvice (Gutshof Trkmanec), bei Nový Přerov/Neuprerau (die Fläche wurde allerdings 1998 zum Teil mit Eschen aufgeforstet) und am Ufer des Teiches Výtopa zwischen dem Teich Nesyt/Nimmersatt und Valtice/Feldsberg. Möglicherweise existieren noch einzelne weitere, bisher nicht bekannte Restvorkommen. Obwohl zur Jahrtausendwende der Salz-Dreizack *(Triglochin maritimum)* fast 50 Jahre nach der letzten Beobachtung wieder gefunden wurde (DANIHELKA & ŠMARDA 2001), ist der Rückgang von Salzpflanzen alarmierend. Die Salz-Aster *(Aster tripolium* ssp. *pannonicus)* wurde historisch an etwa 60 Fundorten registriert, davon bestanden nach 1980 nur mehr vier (GRULICH 1987), und mittlerweile sind es wahrscheinlich nur noch zwei. Die bestehenden Salzlebensräume in den Naturschutzgebieten werden mit mehr oder weniger Erfolg vom Naturschutz betreut. Das Management umfasst Mahd (Sedlec und Dobré Pole) und Beweidung mit Schafen (Sedlec und Novosedly). In Sedlec wird die Fläche Ende Mai oder Anfang Juni, bevor die meisten Halophyten zur Blüte kommen, gemäht und dann im September oder Oktober, wenn die Samen reif sind, nachbeweidet. Die Populationen von Salzpflanzen, vor allem die der Salz-Aster *(Aster tripolium)*, des Salz-Wegerichs *(Plantago maritima)* und des Salz-Hasenohres *(Bupleurum tenuissimum)*, wurden durch diese Pflege wesentlich gestärkt. Für andere Pflanzen, z. B. Flügel-Schuppenmiere *(Spergularia maritima)* und Salz-Löwenzahn *(Taraxacum bessarabicum)*, ist diese Störungsintensität noch nicht ausreichend. Um die konkurrenzschwachen Halophyten zu fördern, wurde in Sedlec vor einigen Jahren auf einer Fläche die Grasnarbe entfernt und ein flacher Graben ausgegraben. Die Salzwiese mit Strandmilchkraut *(Glaux maritima)* in Dobré Pole dient als Fußballplatz, und die schutzbedürftigen Pflanzen scheinen hier aus dem extensiven Sportbetrieb ihren Vorteil zu ziehen, wie es übrigens auch auf dem Fußballplatz in Sedlec der Fall ist.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9.6 Wege zu einem Managementkonzept

Man muss kein Prophet sein, wenn man behauptet, dass alle drei bedeutenden Salzgebiete Ostösterreichs – der Seewinkel, die Salzsteppe Baumgarten und die Salzstellen um Zwingendorf – nur dann in naher Zukunft als typische Lebensräume zu erhalten sind, wenn sie in geeigneter Weise gemanagt werden. Fragmentation, Isolation und Degradation sind in allen drei Fällen bereits so weit fortgeschritten, dass nur weitreichende Konzepte aussichtsreich scheinen. Sicherlich sind im Nationalpark „Neusiedler See – Seewinkel" am ehesten diesbezüglich Erfolge zu verzeichnen. Dort fußt das Management der Salzstandorte auf detaillierten Situationsanalysen (RAUER & KOHLER 1990); die Auswirkungen der Managementmaßnahmen wurden wiederholt an Hand einer breiten Palette von Organismen überprüft (z. B. LETHMAYER 1992, GEISER 1993, KORNER et al. 1999, 2000). Drängend sind die Probleme bei den Reliktflächen Zwingendorf und Baumgarten. Schon allein wegen der geringen Fläche ist auf jeden Fall die Situation dort wesentlich kritischer, und jeder kleine Managementfehler kann zur Folge haben, dass diese Stellen ihre Restbedeutung für Salzorganismen verlieren. In Südmähren sind Salzstandorte, wie oben ausgeführt, weitgehend Geschichte.

Die Schutzgebietsausweisung allein reicht nicht aus – das hat die Vergangenheit an allen Salzstandorten gezeigt. Der Rückgriff auf frühere Bewirtschaftungsformen als konzeptuelle Leitlinie ist auch nicht zwangsläufig erfolgsversprechend – in Baumgarten müssen die beiden wichtigsten Pflanzenarten des Gebietes durch Einzäunung vor den Folgen des Beweidungsmanagements geschützt werden. Die Zwingendorfer Flächen wurden in ihrer Bedeutung für die Wissenschaft und den Naturschutz lange Jahre kaum wahrgenommen; erst in jüngerer Zeit wurde die Dringlichkeit von Managementmaßnahmen erkannt. Die hydrologische Situation ist bei allen drei Salzstandortgebieten unbefriedigend. Noch immer erschweren Wissenslücken und Forschungsdefizite die Naturschutzarbeit; dies gilt insbesondere für die Salzsteppe Baumgarten: Es ist derzeit kaum möglich, die Auswirkungen von Managementmaßnahmen abzuschätzen oder ihren Erfolg zu kontrollieren, da über viele Organismengruppen der Gebiete keine Informationen vorliegen. Für viele Tiergruppen ist noch immer unklar, welche Arten auf den Flächen überhaupt überlebt haben.

9.6.1 Schritt 1: Diagnose

Naturschutzbiologie ist eine angewandte Disziplin, deren Aufgabe darin besteht, für Naturschutz-Probleme fundierte Lösungen zu entwickeln. In mancher Hinsicht bestehen Parallelen zur Medizin; biologisches Grundverständnis und Theorie sind unabdingbar, müssen sich aber in der Praxis bewähren. Während in der Medizin niemand anzweifeln würde, dass ohne eine fundierte Diagnose keine Therapie verordnet werden kann, sind im Naturschutz ad-hoc-Lösungen ohne eine genauere Analyse der ökologischen Verhältnisse nach wie vor gängige Praxis (SUTHERLAND 2000).

Die erste Voraussetzung für ein Naturschutzkonzept ist ein Überblick über die Arten, die im Gebiet leben und von den Maßnahmen betroffen sein werden. Oft ist dazu keine langwierige und aufwendige Kartierung erforderlich; das faunistische und floristische Expertenwissen liegt vor und wartet darauf, abgerufen zu werden. In anderen Fällen ist eine kompakte, systematische, repräsentative Stichprobenerhebung der effizienteste Weg zu einer fundierten Beurteilung der ökologischen Situation.

Welche Arten haben Degradation und Fragmentationsprozesse überlebt? Wie sehen deren ökologische Standortansprüche aus? Was muss erhalten bleiben, damit die Anforderungen der Arten an den Lebensraum erfüllt werden? Welche Maßnahmen sind geeignet, um die Lebensbedingungen zu verbessern? Lokale Managementmaßnahmen allein sind meist nicht ausreichend; in jedem Fall sollten Struktur und Konfiguration der Landschaft mit ins Kalkül gezogen werden. Wo befinden sich die nächsten geeigneten Lebensräume? Lassen sich Trittstein-Biotope und Verbindungskorridore etablieren oder reaktivieren, um die verbliebenen Rest-Biotope wieder in

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ein Biotopverbund-Netzwerk zu integrieren? Wie können Pufferzonen die Randeffekte aus der umliegenden intensiv genutzten Agrarmatrix abmildern? Reicht die Ausbreitungskapazität der Arten aus, um neu geschaffene Salzlebensräume überhaupt annehmen zu können? Während für den Seewinkel viele dieser Fragen beantwortet werden können, sind die Befunde für die Zwingendorfer Salzstandorte unvollständig, für den Standort Baumgarten sehr lückenhaft.

9.6.2 Schritt 2: Mit Fokus-Arten Prioritäten setzen: Erhalt von Spezialisten oder Maximierung der Artenvielfalt?

Allen Organismen recht getan ist eine Kunst, die niemand kann. Dieses Unvermögen ist problematisch, wenn es darum geht, Salzbewohner mit sehr unterschiedlichen Ansprüchen auf engem Raum in lebensfähigen Populationen zu erhalten. Nur allzu oft bleibt diese Kardinalfrage aber unberücksichtigt (z. B. GOLDSMITH 1992).

Da gibt es die anspruchsvollen, salzbodenbewohnenden Insekten, für die schon geringfügige Beschattung den Lebensraum entwerten kann. Da gibt es andere Arten, die zwar Salzboden durchaus akzeptieren, aber auch Vegetationsdeckung und Beschattung. Schließlich sind da die vielen ebenfalls schutzwürdigen und oft überregional seltenen Arten, die vom massiven Vordringen des Schilfs durchaus profitieren.

Bevor bei der Erstellung eines Pflegekonzepts nun an die Auswahl geeigneter Maßnahmen herangegangen wird, muss das Naturschutzziel klar definiert werden. Soll jenen Spezialisten, die nur in Salzlebensräumen überleben können, Priorität eingeräumt werden oder ist die maximale lokale Artenvielfalt das Ziel? Diese Frage mag zunächst erstaunlich wirken, liegt es doch auf der Hand, jene seltenen und anspruchsvollen Arten, die aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten kaum (mehr) Lebensraum finden, mit höchster Priorität zu schützen. Dies bedeutet aber gleichzeitig, dass lokal Lebensraumbedingungen erhaltens- und anstrebenswert sind, die für das Gros der Arten ungünstig oder sogar lebensfeindlich sind. Lokal kann daher eine vergleichsweise geringe Artenvielfalt durchaus Naturschutzziel sein; Qualität vor Quantität.

Sobald diese Priorität entschieden wurde, wird aber bald klar, dass es nicht „den" Salzbewohner gibt. Wie aus den vorhergegangenen Kapiteln deutlich wurde, variieren auch innerhalb dieser Organismengruppe die Ansprüche von Art zu Art. Jahreszeitliche Einnischungen, unterschiedliche Wirtspflanzen, unterschiedliche Salzpräferenz, vor allem aber unterschiedliche Ansprüche an die Lebensraum-Struktur lassen ein schematisches Bild des prototypischen Salzbodenbewohners fragwürdig erscheinen. Jede Managementmaßnahme zugunsten einer Gruppe von Arten riskiert, dass der Lebensraum anderer Arten eingeengt wird. Je mehr Organismengruppen dabei ins Kalkül gezogen werden, umso wahrscheinlicher ist es, dass sich in irgendeiner Gruppe Vertreter finden, für die sich Beweidung, Mahd, Entbuschung oder künstliche Schilfentfernung als ungünstig, kontraproduktiv oder gar existenzgefährdend herausstellen können. Fragen nach dem richtigen Managementkonzept sind immer nur dann einfach zu beantworten, wenn eine einzelne, auffallende, gut bekannte Art eindimensional betrachtet wird: Schwierigkeiten treten zu Tage, wenn die gesamte Vegetation berücksichtigt wird, wenn dann neben den Pflanzen auch weniger bekannten Insektengruppen Rechnung getragen werden soll, mithin wenn das komplexe Zusammenspiel einer Artengemeinschaft in einem Ökosystem ernsthaft thematisiert wird.

Wie können die vielen divergierenden Ansprüche der Arten systematisch erfasst, sinnvoll kategorisiert und in ein umfassendes Managementkonzept integriert werden? Das Problem ist nicht neu. Um sich nicht völlig zu verzetteln, haben Naturschützer schon früher Konzepte überlegt, wie sie innerhalb die Fülle von Arten sinnvolle Schwerpunkte setzen und Anknüpfungspunkte für den Artenschutz finden können (NEW 1993, 1995, SIMBERLOFF 1998). Die Konzentration auf so genannte *flagship species*, zu deutsch manchmal als „Flaggschiff-Arten" übersetzt oder als „Aushängeschild-Arten" umschrieben, wurde vorgeschlagen. Unter Flaggschiff-Arten versteht man Organismen, die geeignet sind, besonderes öffentliches Interesse zu wecken, die einen hohen Schauwert haben, die als Kuscheltiere Sympathieträger sind oder die wegen ihrer imposanten Erscheinung unübersehbar sind. Eine typische Flaggschiff-Art der Seewinkel-Salzlacken wäre der Säbelschnäbler. Die Süd-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

russische Tarantel ist demgegenüber ein Flaggschiff der etwas anderen Art. Auch dem besten Marketing-Strategen wird es kaum gelingen, sie zum Kuscheltier zu stilisieren, obwohl ihr die pelzige Behaarung den Beinamen Bärenspinne eingetragen hat. Der Schau- oder, je nachdem, der Gruselwert dieser größten mitteleuropäischen Spinne ist aber immerhin so hoch, dass sie in fast allen Reiseführern über das Neusiedler See-Gebiet erwähnt wird. Die Südrussische Tarantel kann sicher als das bekannteste wirbellose Tier der ostösterreichischen Salzstandorte gelten.

Ob eine Flaggschiff-Art über ihre Marketing-Leistungen hinaus aber für den Naturschutz etwas taugt, hängt davon ab, wie viele andere Arten durch Managementkonzepte, die sich an ihr orientieren, in ihrem Kielwasser mit geschützt werden. Die Naturschutzbiologie hat hierfür den Schirm als Metapher bemüht: Nur Flaggschiff-Arten, die gleichzeitig *„umbrella species"*, auf deutsch also etwa „Schirmarten", für eine Reihe von weniger spektakulären und weniger bekannten Arten sind, verdienen den medialen Aufruhr, der mit ihnen erzeugt wird.

Mit diesen beiden erläuterten Konzepten ist aber genau genommen noch kein Fortschritt erzielt. Was ist denn zu tun, wenn zwei Arten definitiv nicht unter einen „Schirm" passen? Was geschieht mit den Arten an den Salzlacken, die mit Sicherheit Nachteile erleiden, wenn etwa ein Naturschutzkonzept umgesetzt würde, das sich in erster Linie an der Südrussischen Tarantel orientiert?

Der australische Ökologe Robert Lambeck hat versucht (LAMBECK 1997, 2002), das Umbrella-Konzept so weiterzuentwickeln, dass es dem Problem der divergierenden Ansprüche Rechnung trägt. Sein Konzept der Fokus-Arten *(„focal species")* unterscheidet sich von einem reinen Schirmarten-Konzept in zweierlei Hinsicht: (1) Es geht von bestimmten Typen der Gefährdung aus und wählt die Organismen nach ihrer Empfindlichkeit in Hinblick auf diese verschiedenen Gefährdungsarten aus; (2) es beschränkt sich nicht auf eine einzige Schirm-Art, sondern stützt sich auf ein ganzes Set von Organismen. Die Grundidee ist dabei folgende: Wenn es gelingt, das Überleben der anspruchsvollsten Arten zu garantieren, dann werden auch die weniger anspruchsvollen Arten überleben. „Anspruchsvoll" wird dabei auf vier verschiedene Kriterien bezogen: (a) den Raumanspruch, (b) die Intaktheit bestimmter ökologischer Prozesse, (c) das Vorhandensein bestimmter Ressourcen, (d) die Vernetztheit und Durchlässigkeit der Landschaft.

Übersetzt auf die Situation der Salzstandorte bedeutet das, man suche beispielsweise diejenigen Arten heraus, die auf den höchsten Salzkonzentrationen vorkommen und am meisten auf die intakte Hydrodynamik angewiesen sind. Weitere Fokus-Arten wären solche, die auf eine komplizierte Vegetationsstruktur und auf Beschattung angewiesen sind, sowie solche, die ohne ein eng verzahntes Biotop-Netzwerk nicht auskommen können. Ein Management, dass allen diesen Arten Rechnung trägt und sie effektiv fördert, muss ein räumliches und zeitliches Mosaik von Standorten und Bedingungen erhalten, fördern oder generieren. Wenn die Arten zweckmäßig gewählt sind, kann sich das Naturschutzkonzept nun mit einigem Recht an diesem Set von Arten orientieren, ohne Gefahr zu laufen, dem Gesamtartenpool nicht ausreichend Rechnung zu tragen. Attraktiv an diesem Konzept erscheint, dass sich eine Erfolgskontrolle auf wenige Arten beschränken kann. Schwierigkeiten entstehen – wie zu erwarten – aus einer unzureichenden Datenlage: Die Fragen des Abschnitts „Diagnose" (vgl. Kap. 9.6.1) müssen erschöpfend beantwortbar sein, sonst fehlt dem Konzept die Substanz.

9.6.3 Schritt 3: Therapie – Weidetiere, Rasenmäher und die Frage der Dosis

Die österreichischen Salzstandorte brauchen eine Therapie. Diese Therapie steht allerdings auf terminologisch wackligen Beinen; und viele therapeutische Irrwege mögen vielleicht schon in der unglücklichen Wortwahl begründet liegen. Oft wird die Therapie von Lebensräumen, auch in diesem Buch, als „Pflege" bezeichnet. An mancher Stelle wird von der Entwicklung von „Pflegekonzepten" für die Salzstandorte gesprochen. Sich unter „Pflege" dabei gartenpflegerische Aufräumaktionen vorzustellen, bei der ein grünbeschürzter Fachmann in regelmäßigen Abständen mit Heckenschere und Rasenmäher auf

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

diesen Flächen für Ordnung sorgt, wäre aber völlig abwegig. Es geht nicht darum, auf diesen Flächen Landschafts-, Garten-, oder Rasenpflege zu betreiben, auf dass ein bürgerliches Ordnungs- und Ästhetik-Ideal nicht verletzt werde.

Ein anderer Begriff für diese Therapie ist der Begriff „Management". In der modernen Industriewelt lässt sich von der persönlichen Zeiteinteilung bis zu den Mitmenschen ja so ziemlich alles managen, warum also nicht auch degradierte Lebensräume? Aber auch hier ist Vorsicht geboten. Gerade im vorliegenden Kapitel klingt anhand vieler Beispiele an, dass eine eindimensionale Betrachtung von Naturprozessen leicht mehr Schaden als Nutzen anrichten kann. Naturprozesse sind immer verflochten, nicht linear und in weiten Bereichen unvorhersagbar; sie als einfach steuerbar anzunehmen wäre ein fataler Irrtum. Die Krankenschwester, die einem siechen Patienten mit angemessenen Heilbehandlungen wieder zu früherer Vitalität zu verhelfen versucht, ist vielleicht eine bessere Assoziation als der Stadtgärtner mit dem Laubrechen oder der Manager mit dem Aktenkoffer.

Sollte man statt von „Managementkonzepten" vielleicht besser von „Erhaltungskonzepten" sprechen? Grundsätzlich geht es ja darum, die Salzstandorte in ihrer Eigenart und mit ihrer typischen Artausstattung zu erhalten. Gerade um dies zu leisten, sind aber konservierende Maßnahmen allein nicht ausreichend. Den Patienten nur am Leben zu erhalten macht ihn noch nicht gesund. Was gebraucht wird, sind geplante und durchdachte naturschutzplanerische Eingriffe, um die fortschreitende Degeneration der Salzlebensräume zu stoppen und negative Entwicklungen umzukehren. Diese Maßnahmen müssen in ein naturschutzbiologisches Gesamtkonzept und in eine klare Vorstellung, wohin sich der Standort langfristig entwickeln soll, eingebettet sein, sollen sie nicht Stückwerk bleiben oder gar Schaden anrichten.

Welche Heilbehandlungen stehen nun zur Verfügung? Beweidung wurde bereits weiter oben als ein wichtiges Management-Instrument des Naturschutzes von Salzstandorten angesprochen. Beweidung war früher vielerorts die einzig mögliche Nutzung von Salzstandorten, es lag nahe, zu überprüfen, ob diese traditionelle Form der Bewirtschaftung in den Dienst des Naturschutzes gestellt werden kann. Erste positive Erfahrungen mit dem Seewinkel-Beweidungsprogramm machten Beweidung als Naturschutzinstrument populär. Oft ging die Popularität so weit, dass Beweidung in jeglicher Form, Intensität und Landschaftsstruktur als problemlos anwendbare Medikation, als nebenwirkungsloses Allheilmittel für alle möglichen Offenlandstandorte angesehen wurde.

Dabei ist es fast selbstverständlich, dass Beweidung nur in der richtigen Dosierung als förderliches Naturschutzinstrument angesehen werden kann. Stellen mit hoher Beweidungsintensität zeichnen sich durch einheitlich kahlen, überdüngten Boden ohne Pflanzenwuchs, geschweige denn Insektenvielfalt aus, unbeweidete Stellen wachsen zu einem schattigen Dickicht heran; beide Extreme sind nicht das, was sich Naturschützer großflächig wünschen. IRMLER & HEYDEMANN (1986) fordern für die Nordseedämme eine drastische Reduktion der Schaf-Beweidung, im Seewinkel soll dagegen Beweidung die größten Naturschutz-Probleme lindern. Wissen die Naturschützer nicht, was sie wollen?

Aus zweierlei Gründen ist eine durch Beweidung erzeugte höhere Störungsintensität manchen Salzorganismen förderlich: (1) Wie schon geschildert, funktioniert der Salztransport an die Oberfläche nur bei offenem, unbeschattetem Boden; Voraussetzung für einen salzigen Oberboden ist zumindest unter unseren Klimabedingungen Vegetationsfreiheit, also die laufende Zerstörung oder Entfernung beschattender Pflanzenmasse. (2) Wie am Strandmilchkraut *(Glaux maritima)* demonstriert (HÜTTERER 1990), ist Salztoleranz eine teuer bezahlte energieintensive Angelegenheit. Salzpflanzen brauchen daher möglichst hohe Sonneneinstrahlung, damit ihre aufwendigen Ionenpumpen in Gang bleiben können. Störung durch Beweidung verschiebt nun die Konkurrenzsituation zugunsten der Halophyten, insbesondere wenn die Weidetiere selektiv die weniger salzhältigen krautigen Pflanzen bevorzugen. Bei extrem hoher Störungsintensität können sich aber nur mehr sehr kurzlebige Pionierorganismen kurzzeitig behaupten. Beweidung mäßiger Intensität bewirkt dagegen, dass Arten verschiedener Lebensstrategie koexistieren können. Schutzgebietspflege durch Beweidung impliziert da-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

bei meist wesentlich geringere Bestockungsdichten (in der Größenordnung von etwa 0,5 Großvieheinheiten pro Hektar) als sie bei aktueller Intensivwirtschaft üblich sind oder auch bei traditioneller Hutweidewirtschaft gebräuchlich waren (RAUER & KOHLER 1990).

Die Beweidung im Seewinkel hat aber gezeigt, dass es auf die genaue Bestimmung der optimalen Bestockungsdichte vielleicht gar nicht so entscheidend ankommt: Da weder Hirten mit der Sorgfalt eines englischen Gutsherren noch Aberdeen-Angus-Rinder mit der Präzision eines Rasenmähers an ihr Werk zu gehen pflegen, ist ein Flickenteppich von kurzrasigen und weniger kurzrasigen, sehr intensiv und sehr extensiv beweideten Stellen eine zwangsläufige Folge dieser Landnutzung. Offene Stellen inmitten der dichten Grasnarbe, Tritt- und Verbissflecken mit hoher Einstrahlung und Salzausblühungen neben dichter hoher Grasvegetation entstehen aufgrund der Unschärfe dieses Management-Werkzeugs relativ zwanglos. Räumliche Heterogenität kompensiert so möglicherweise suboptimale Störungsintensität. Auf engem Raum entsteht Lebensraum für eine Vielzahl von Zönosen mit unterschiedlichen Ansprüchen an ihre Umwelt und den Salzgehalt des Bodens.

Solch eine günstige zufällige Streuung der Beweidungsintensität tritt allerdings nur unter folgenden Voraussetzungen ein: 1) Das Gebiet muss eine ausreichende Größe haben, damit solch eine Variation der Bedingungen zustande kommt. 2) Die Weidetiere müssen an ihrer Aufgabe in Teilen des Gebietes scheitern dürfen, der Beweidungsdruck muss zumindest so gering bemessen sein, dass auch hochrasige Stellen übrig bleiben. 3) Das beweidete Gebiet muss ein weitgehend unfragmentiertes Kontinuum darstellen, damit ein Organismen-Austausch zwischen Stellen verschiedener Grasnarbenhöhe jederzeit möglich ist.

Diese Bedingungen sind im Seewinkel weitgehend erfüllt, nicht dagegen in den hochgradig isolierten und fragmentierten sowie vergleichsweise kleinflächigen Salzstellen bei Zwingendorf und Baumgarten. Hier muss von einer Übertragung eines vermeintlichen Erfolgsrezepts ohne Beachtung der Hintergründe und Rahmenbedingungen Abstand genommen werden. Vielmehr muss eine lokal angepasste Therapie entwickelt werden. Dazu sollten idealerweise über einen mittelfristigen Zeitraum (z. B. 5 Jahre) hinweg auf kleinen Teilflächen unterschiedliche Methoden ausgetestet und deren Auswirkung anhand von ausgewählten Fokus-Arten evaluiert werden. Auf der 10 Hektar großen, unwegsamen Saliterwiese beispielsweise könnten in diesem Zeitraum einzelner Methoden in unterschiedlicher Intensität angewandt werden. Denkbar wäre auch die Erprobung von Methoden, deren Auswirkungen naturschutzbiologisch weniger bekannt sind, wie beispielsweise Flämmen zu einem geeigneten Zeitpunkt (vgl. BAKKER 1978, ZIMMERMANN 1979).

9.6.4 Schritt 4: Regelmäßige Kontrolluntersuchungen

Ein letztes Mal den Vergleich zur humanmedizinischen Krankenpflege bemühend: Welcher Kranke würde, nachdem ihm eine Diagnose gestellt und er einer Therapie unterzogen wurde, nicht gerne wissen, ob sich sein Zustand gebessert hat? Trotzdem wurden begleitenden Kontrolluntersuchungen, die für eine langfristig erfolgreiche Schutz- und Managementstrategie unabdingbar sind, früher in der Naturschutzpraxis oft vernachlässigt. Heute ist die Notwendigkeit regelmäßiger Erfolgskontrollen unumstritten (z. B. BLAB 2000, SPLETT 2000). Naheliegend ist es, zumindest eine semiquantitative Erfassung der Populationen ausgewählter Fokus-Arten durchzuführen. Während zu Beginn der Umsetzung eines Managementkonzeptes ein- bis mehrmals jährlich eine Visite erfolgen sollte, kann der Abstand zwischen den Kontrolluntersuchungen nach einiger Zeit vergrößert werden. Diese gezielten Erhebungen durch Spezialisten sind so zu wählen, dass mit geringem zeitlichem und finanziellem Aufwand die klar formulierte Frage beantwortet werden kann: „Werden die Schutzziele, also der Erhalt und die Förderung der spezialisierten Salzbewohner, durch die angewandten Managementmethoden erreicht?“. Falls das Ziel teilweise oder völlig verfehlt wird, ist zur Vermeidung schwerwiegenderer Schäden die Naturchutzkonzeption zu überdenken und zu ändern. In Zeiten von Natura 2000 und Berichtspflichten über den „günstigen Erhaltungszustand“ der Lebensräume und

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Arten, die in den Anhängen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie aufscheinen, sind solche Erfolgskontrollen nicht mehr bloße fachliche Sorgfaltspflicht, sondern darüber hinaus rechtliche Vorgabe.

9.6.5 Empfehlungen

Im vorliegenden Buch wird versucht, das Wissen über österreichische Salzstandorte zusammenzufassen und eine Gesamtschau über die Naturschutzprobleme österreichischer Salzstandorte zu geben. So sehr sich die Autoren dies im Dienste der Sache wünschen würden, kann das Buch doch konkrete Naturschutzkonzepte für die einzelnen Gebiete nicht ersetzen. Nicht nur würde der Rahmen gesprengt, sondern es fehlen auch oft noch essenzielle Grundlagen. Was aber lässt sich allgemein für das zukünftige Management von österreichischen Salzstandorten empfehlen?

Am weitesten entwickelt ist sicher das Management der **Seewinkel-Salzstandorte**. Wünschenswert wäre aber eine genaue quantitative Analyse der Beziehung zwischen Weidetier-Dichte einerseits und der Existenz und dem Anteil von schutzwürdigen, halophilen Tier- und Pflanzenarten andererseits. Die bisherigen Monitoring-Aktivitäten (z. B. LETHMAYER 1992, KORNER et al. 1999) geben noch keinen Aufschluss über die angemessene Beweidungsintensität. Wir empfehlen daher ein längerfristiges kontrolliertes Beweidungsexperiment mit angemessenem Untersuchungsdesign, technisch gesprochen mit Randomisation und Replikation der Beweidungsintensität über mehrere Stufen. Nur so ein Experiment kann für das Gebiet letztendlich genauen Aufschluss darüber geben, in welcher Intensität die Beweidung angewendet werden sollte, wenn es darum geht, die Vielfalt an typischen, spektakulären und schutzwürdigen Salzbewohnern auf lange Sicht zu gewährleisten. Auch wenn die gegenwärtige praktizierte, mehr oder minder zufällige Risikostreuung wie oben geschildert einigermaßen funktionieren mag, wäre ein genaueres Verständnis der Beziehung zwischen Beweidungsintensität und Artenvielfalt doch sehr wünschenswert. An manchen Stellen, so zum Beispiel im Gebiet um die Lange Lacke, ist derzeit schon übermäßige Tritt- und Verbissbelastung durch lokale Überweidung festzustellen.

Zudem sollten aber immer wieder Gebiete von einer Beweidung, auch wenn sie sehr extensiv betrieben wird, gänzlich freigehalten werden. Viele Arten brauchen die ungestörte Vegetation, sei es als Lebensraum, sei es als Rückzugsgebiet (ZULKA et al. 1997, DENNIS et al. 2001). Es sollte vermieden werden, einzelne Gebiete über längere Zeit intensiv zu beweiden. Das Leitbild sollte stattdessen ein Mosaik aus weniger intensiv beweideten und unbeweideten, salzigen und weniger salzigen Standorten sein.

Weniger erfolgreich waren die Bestrebungen, die hydrologischen Veränderungen im Seewinkel zu stoppen. Viele Entwässerungskanäle wurden abgedämmt, das Hauptproblem, die massive Grundwasserentnahme für die landwirtschaftliche Bewässerung, ist aber nicht gelöst. Einige Weingärten, die unmittelbar an die Salzlacken grenzen, wurden schon brachgelegt; dennoch bleibt die intensive Landnutzung mit Dünger- und Schadstoffeintrag für viele Salzstandorte ein besonders gravierendes Problem. Extensivierung der Landwirtschaft setzt voraus, dass der sanfte Tourismus in die Bresche springt und den Bewohnern in der Seewinkel-Region auf lange Sicht eine naturverträgliche Existenzsicherung ermöglicht. Die Chancen dafür stehen gut. Auf die Dauer wird sich die Region bei der Wahl zwischen Weinsee und Salzsee für das knappere Gut entscheiden müssen.

Schwieriger stellt sich die Lage in der Umgebung von **Zwingendorf** dar. Ein besonderes Problem ist die isolierte Lage von Saliterwiese und Zwingendorfer Dorfteich (Hintausacker). Zunächst sollte geklärt werden, wo in der Umgebung noch Salzstellen-Potenzial besteht. Eine Einbeziehung der aufgefundenen weiteren Vorkommen mit Salzvegetation erscheint daher vordringlich. An diesen Stellen wäre zu prüfen, ob die Wiederherstellung eines Salzstandortes möglich erscheint. Nutzungsänderung oder kontrollierte Teilmahd könnten manche diese Standorte wieder in einen ursprünglichen Zustand zurückführen. Es wäre schon von Vorteil, wenn einige dieser Salzstellen zumindest als Trittstein-Biotope die Wiederbesiedlungsmöglichkeiten für salzbewohnende Arten verbessern würden. Aus administrativer Sicht wäre die Ausweitung des Naturschutzgebiet-Status auf solche Salzstandorte in der Umgebung zweckmäßig; eine noch größere Bedeutung hätte allerdings

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

– zusätzlich zu diesem hoheitlichen Naturschutz in den Kerngebieten – der Vertragsnaturschutz zur Schaffung von Pufferzonen, Korridoren und Trittsteinbiotopen. Pufferzonen sind allein schon zur Reduktion der Biozidbelastung auf den besonders sensiblen Flächen wichtig.

All diese Maßnahmen sollten von weiteren Untersuchungen und Inventarisierungen der derzeit existierenden Salzstellen, aber auch der Umgebung, begleitet werden. Nachhaltig erfolgreich werden diese Maßnahmen dann sein, wenn es auch gelingt, den Grundwasserspiegel zu erhöhen und zu stabilisieren. In einer großräumigen Konzeption zur Erhaltung der Salzstellen des Pulkautals ist das Aufstauen von Gräben, die Abdämmung von Drainagen und die Wiederherstellung von Retentionsräumen jedenfalls integraler Bestandteil. Endziel wäre ein Biotopverbundsystem von Salzstellen, das von der Größe her ausreicht, ein langfristiges Überleben halophiler Arten zu ermöglichen.

Innerhalb der einzelnen Salzbiotope sind Verschilfung, Verfilzung, Verbrachung und Ruderalisierung die drängendsten Probleme. Auf ganz stark betroffenen, mit Schilf oder Landreitgras vollständig überwachsenen Teilflächen muss anfangs wohl massiv eingegriffen werden, am besten durch mehrschürige Mahd und Abtransport des Mähguts. Das Schwenden der Ölweiden-, Robinien-, Weißdorn- und Schlehenbüsche in einer koordinierten Aktion mit der ortsansässigen Bevölkerung wäre pädagogisch wie ökologisch sinnvoll. Derartige Maßnahmen können gezielt eingesetzt werden, sie sind leicht zu dosieren, und auf lokale Schutzwürdigkeiten kann besondere Rücksicht genommen werden. Allen diesen Maßnahmen ist jedenfalls eine geschickte und ausführliche Aufklärungsarbeit voranzustellen; sie sind aber langfristig geeignet, die Identifizierung mit den lokalen Schutzgütern zu fördern und das Problembewusstsein zu stärken.

Um längerfristig das Offenhalten der Salzstellen zu gewährleisten, wäre unter gewissen Voraussetzungen die extensive Beweidung der Zwingendorfer Salzstellen mit Schafen in Betracht zu ziehen. Offene Bodenstellen werden als Folge der Grundwasserabsenkungen der Vergangenheit nicht mehr auf natürlichem Wege durch Überstauung geschaffen, kleinsträumige Zerstörung durch Tritt und Verbiss ist daher wünschenswert. Hier muss allerdings dem Lebensraum-Mosaik Rechnung getragen werden. Die Saliterwiese mit 10 Hektar Größe ist diesbezüglich weniger problematisch als der Hintausacker; auf letzterem könnte abschnittsweises Bestoßen eingezäunter Abschnitte die Dosierung und gezielte Applikation der Störung vereinfachen. Unabdingbar ist bei dieser Form des Managements eine laufende Erfolgskontrolle, um der drohenden Verselbständigung und der Abkoppelung von ökologischen Notwendigkeiten, die sowohl im Seewinkel als auch in Baumgarten zu beobachten waren, Vorschub zu leisten. Weidetiere im Dienste des Naturschutzes bedürfen einer basalen naturschutzbiologischen Dienstaufsicht.

Weiterhin denkbar wäre, den Zwingendorfer Dorfteich wieder so wie früher mit Gänsen zu beweiden. Die Dosierung der Störungsintensität ist damit wesentlich einfacher als bei der Beweidung mit Großtieren. Gänse sind dazu prädestiniert, in einem bereits offenen Lebensraum Kurzrasigkeit zu erzeugen; was die Schilf-Eindämmung angeht, wird ihre Effizienz allerdings enge Grenzen haben.

Ein einfacherer Weg ist die kontrollierte Mahd der verschilfenden Flächen zu verschiedenen, möglichst günstigen Zeitpunkten. Nicht zu übersehen ist jedoch, dass der so bedeutende Erhalt von offenen Bodenstellen durch Mahd alleine nicht gewährleistet ist. Überdies hat die Ameise *Lasius flavus* auf der Saliterwiese in sehr hoher Dichte bis zu 40 cm hohe Erd-Nesthügel (vgl. ZEHM 2001) angelegt; Mahd wird auf diesen Flächen mühsam bis unpraktikabel sein.

Alle Management-Varianten sind somit mit Problemen und Risiken behaftet, und es erscheint schwer möglich, aus der Distanz die eine oder andere zu favorisieren. Denkbar wäre, auf der relativ großen Saliterwiese verschiedene Strategien parallel zu verfolgen und die Auswirkungen der Maßnahmen laufend zu überprüfen. Nach Ablauf einer bestimmten Frist sollte unter naturschutzbiologischen Aspekten, aber auch unter Gesichtspunkten der Praktikabilität und des ökonomischen Aufwands entschieden werden, welches Managementkonzept langfristig zur Anwendung kommt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Neben all diesen Maßnahmen wäre eine bessere Kooperation von Jagd und Naturschutz vordringliches Ziel. Zwischen der Erhaltung österreichweit einmaliger Vorkommen (zum Beispiel *Glaux maritima,* Strandmilchkraut) und möglicherweise weltweit einmaliger, lokal angepasster Ökotypen einerseits und der Förderung semidomestizierter Wildschweine, Rehe und Fasane andererseits sollten die Prioritäten evidenter sein, als dies bisher der Fall ist. Mit der Verlegung von Wildfütterungsstellen wären schon erste Schritte in diese Richtung getan.

Trotz aller Probleme gibt die Situation in Zwingendorf heute Anlass zu Hoffnung: Der Kenntnisstand der lokalen naturwissenschaftlichen Gegebenheiten und der naturschutzbiologischen Anforderungen könnte schlechter sein – manche Spezialisten für Pflanzen und unterschiedliche Tiergruppen haben seit der Unterschutzstellung jahraus, jahrein ihren Weg hierher gefunden. Wir kennen daher gegenwärtig die Vorkommen einer Reihe naturschutzfachlich bedeutsamer Arten, teilweise auch die Veränderungen in ihren Populationen und können uns in gewissem Umfang ein Bild davon machen, welche Maßnahmen wo sinnvoll wären, um der derzeit einwirkenden Probleme und Gefährdungsursachen Herr zu werden. Einige dieser notwendigen Maßnahmen sind freilich schwer umzusetzen. Zusammenfassend scheinen aus heutiger Sicht besonders problematisch: 1) die Absenkung des Grundwasserspiegels in der Vergangenheit, wodurch die natürliche Entstehung von Salzstandorten unterbunden wurde, 2) die geringen Größen und der Isolationsgrad der Flächen, 3) die Verbrachung und Verfilzung der Vegetation, 4) die Eutrophierung und Ruderalisierung sowie 5) ein zu schwach ausgeprägtes Bewusstsein der Bevölkerung für ihre lokalen Juwelen.

Problematischer ist die Situation der **Salzsteppe Baumgarten an der March** einzuschätzen. Während sich das Management der Zwingendorfer Salzstellen zunächst ausschließlich an der Zielart *Glaux maritima* orientierte und mögliche negative Nebenwirkungen auf andere Salzorganismen weitgehend außer Betracht ließ, war die Situation in Baumgarten gerade umgekehrt: Das Beweidungsmanagement geht auf jeden Fall an den Bedürfnissen der wertgebenden Arten des Gebietes Echter Haarstrang *(Peucedanum officinale)* und Grau-Aster *(Aster canus)* vorbei, deren Bestände vorsorglich eingezäunt wurden. So verschärfte aber die Beweidung die Isolation und Fragmentierung dieser Pflanzenbestände eher, als dass sie stabilisierend und bedrohungsabmildernd wirkte.

Auf den höher gelegenen, trockenrasenartigen Salzsteppenabschnitten mochte die Beweidung eine Entfilzung der Grasnarbe bewirkt haben, was die Chancen für Offenbodenbewohner und einjährige Pflanzen verbessert hat. Aber zu wenig ist über die Fauna des Gebietes bekannt, als dass mögliche positive Auswirkungen, etwa auf manche lichtliebende Insektenarten, abschätzbar wären.

Der Ausbreitung von Weißdorn *(Crataegus monogyna)* und Schlehdorn *(Prunus spinosa)* – schon bei PAAR et al. (1993) als eine der wesentlichen Gefährdungsursachen genannt – ist mit den schottischen Galloway-Rindern offensichtlich nicht Herr zu werden. Wir empfehlen das Schwenden des größten Teils der Schlehdorn- und Weißdornbüsche. Weitreichende diesbezügliche Maßnahmen wurden bislang mit dem Hinweis unterlassen, die Herde nütze diese Gebüschgruppen als Unterstand. Allerdings wäre ein kleiner Bruchteil der Schlehen- und Weißdornbestände ausreichend, den genügsamen Tieren Schatten zu spenden (Abb. 120 auf der nächsten Seite).

Eine wesentliche Standortverbesserung ließe sich vermutlich erzielen, wenn die Grundwasserabsenkung in der unmittelbar benachbarten Schottergrube unterbunden werden könnte. Aus der Analogie zu entsprechenden Standorten im Seewinkel lässt sich folgern, dass die Besiedlung der Salzlacken mit typischen Arthropodenarten entscheidend davon abhängt, wie lange die Salzlacken Wasser führen. Länger überstaute Offenstellen böten Lebensraum für salztolerante Uferarten, wenngleich unklar bliebe, ob eine Wiederbesiedelung dieser Stellen angesichts der Isolation des Gebiets überhaupt noch gelänge.

Ohne eine grundlegende Inventarisierung des Ist-Zustandes und der Artenausstattung der Salzstelle Baumgarten stehen aber sowohl die Bewertung bisheriger Maßnahmen wie mögliche Handlungsempfehlungen für die Zukunft auf tönernen Füßen. Der wichtigste erste Schritt wäre daher eine stichpro-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abb. 120: Synergie statt Eindämmung: Die schottischen Hochlandrinder erfreuen sich an der beschattenden Wirkung der Weißdornbüsche mit ihrer fast schirmakazienartigen Wuchsform und revanchieren sich dafür mit reichlich Dünger; dieser Kuhhandel geht allerdings auf Kosten der Salzbodenfläche, die durch das Gebüsch weiter eingeengt wird *(Foto: K. P. Zulka, 8.8.2004)*.

benartige Untersuchung der verschiedenen feuchten und trockenen Gebietsteile anhand einiger aussagekräftiger Organismengruppen.

9.6.6 Fazit

Salzstandorte in den Mittelpunkt von Naturschutzbemühungen zu stellen, leitet sich nicht nur aus dem Vorkommen seltener Arten und Genotypen, der Auflistung dieser Lebensräume auf der Roten Liste der Biotoptypen und der besonderen nationalen Verantwortung für diese einmaligen Gebiete ab, sondern ist auch angesichts der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union eine rechtlich unabweisbare Verpflichtung. Die österreichischen Salzlebensräume bedürfen daher einer angemessenen Therapie. Was „angemessen" in diesem Zusammenhang bedeutet, ist leider angesichts von Wissensdefiziten und Erhebungslücken nicht immer eindeutig zu sagen. Wir haben allerdings versucht, das Spektrum der Möglichkeiten auszuloten. Das effektive Management der Salzstandorte Österreichs ist jedenfalls kein Luxus, der nach Belieben unternommen oder unterlassen werden kann. Die Wahl der richtigen Maßnahmen entscheidet darüber, ob Österreich die Reste seiner typischen Salzfauna und -flora erhalten kann, oder – wie vorher bereits Tschechien – seine Salzstandorte mitsamt ihren Bewohnern aus dem Pflanzen- und Tierreich weitestgehend verlieren wird.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

10 Naturschutzrechtliche Grundlagen

von Hans-Jürgen Huber & Irene Oberleitner

10.1 Einleitung

Naturschutz ist im österreichischen Bundesverfassungsgesetz kein eigener Kompetenztatbestand. Das Bundesverfassungsgesetz (B-VG) kennt den Begriff nicht. Angelegenheiten des Naturschutzes fallen, soweit sie nicht der Gesetzgebung oder Vollziehung des Bundes übertragen sind, nach der Generalklausel des Artikels 15 B-VG in den selbstständigen Wirkungsbereich der Länder.

Wie kaum ein anderes Rechtsgebiet ist der Naturschutz in seiner Vollziehung von den jeweils herrschenden Wertvorstellungen und ökonomischen Bedingungen abhängig. Grundsätzlich bleibt im Mittelpunkt des Naturschutzes die Interessenabwägung bei beabsichtigten Eingriffen in Natur und Landschaft. Bis in die Gegenwart überwiegt im Naturschutz die bloße Abwehr schwerwiegender Eingriffe. Ein präventiver flächenhafter Schutz von Natur und Landschaft abseits der Schutzgebiete ist im österreichischen Naturschutzrecht nicht verankert. Außerdem geht die Entwicklung des Naturschutzes zunehmend auf die übergeordnete Ebene der Europäischen Gemeinschaft über.

Mit In-Kraft-Treten der Ramsar-Konvention in Österreich im Jahr 1983 wurden das Gebiet des Neusiedler Sees einschließlich der Lacken im Seewinkel, die Donau-March-Auen sowie drei weitere Gebiete in die Liste der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung aufgenommen. Diese sogenannten Ramsar-Gebiete werden entsprechend den Zielen des „Übereinkommens über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wat- und Wasservögel, von internationaler Bedeutung“ (Ramsar-Konvention) ausgewiesen. Wesentliches Anliegen der Konvention ist die Förderung der Erhaltung von Feuchtgebieten. Im Juli 2005 gab es in Österreich 19 Ramsar-Gebiete (Abb. 121 auf der nächsten Seite).

Die internationalen Schutzbemühungen am Neusiedler See können sich sehen lassen: Das Neusiedler See-Gebiet zählt zu dem vom Europarat 1976 eingerichteten Netz biogenetischer Reservate. 1977 wurde es im Rahmen des „Man and Biosphere“-Programms der UNESCO zum Biosphärenpark erklärt. Im Jahr 2001 wurde der Neusiedler See-Seewinkel in die UNESCO-Liste der Weltkultur- und Naturerbestätten aufgenommen.

Die rechtliche Situation der Salzlebensräume wird nachfolgend dargestellt. Da „Pannonische Salzsteppen und Salzwiesen“ gemäß Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) der EU ein prioritär zu schützender Lebensraumtyp sind, für den auch Österreich besondere Verantwortung trägt, werden vor allem die FFH-Richtlinie und die zu deren Umsetzung relevanten Rechtsvorschriften dargestellt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

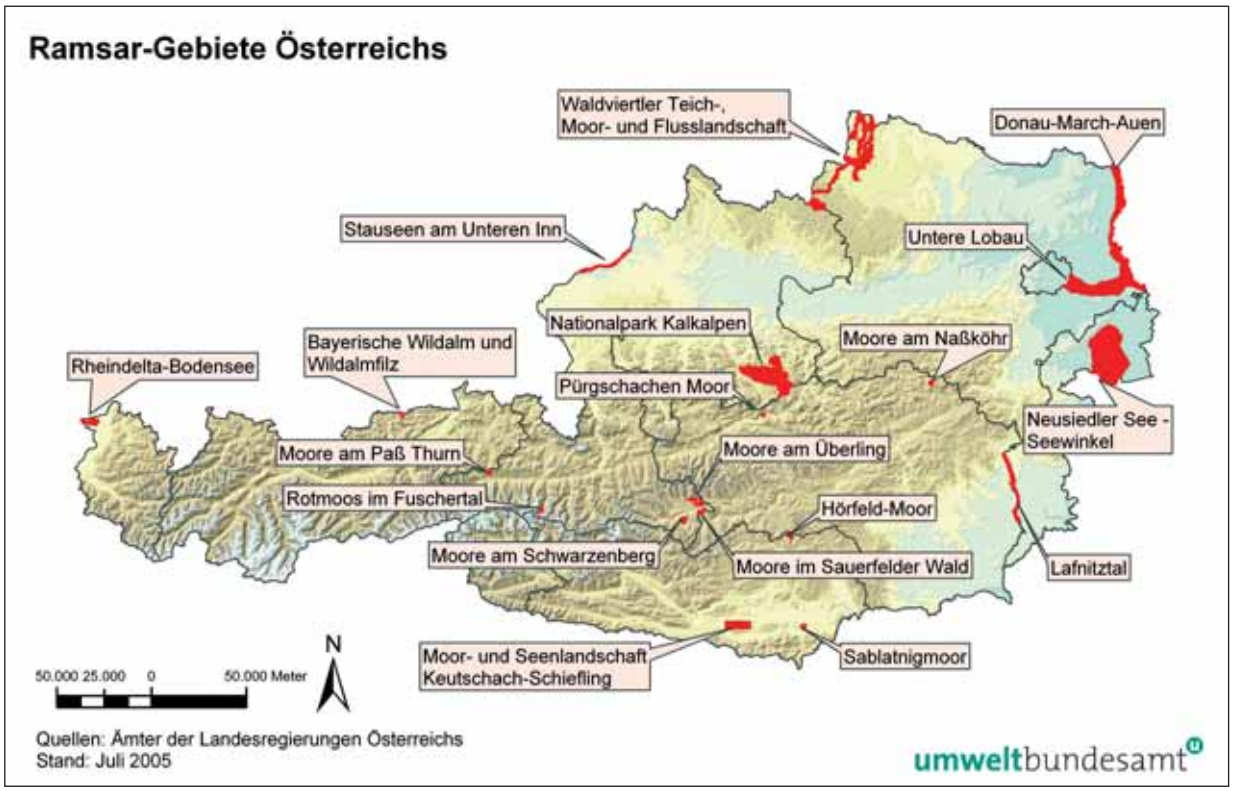


Abb. 121: Übersicht über die Ramsar-Gebiete Österreichs.

10.2 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie

Die Europäische Union hat zur Förderung der Erhaltung der biologischen Vielfalt am 21.05.1992 die „Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen“ (Fauna-Flora-Habitat-Richtilinie oder FFH-Richtlinie) verabschiedet. Ziel der FFH-Richtlinie ist die Bewahrung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensräume und der Arten von gemeinschaftlichem Interesse (Artikel 2). Die FFH-Richtlinie ist neben der Vogelschutz-Richtlinie (79/409 EWG) europaweit die bedeutendste Naturschutzregelung.

Die FFH-Richtlinie sieht als wesentliche Maßnahme die Einrichtung eines ökologischen Netzwerkes von Schutzgebieten mit der Bezeichnung „Natura 2000“ vor (Artikel 3). In Anhang I und II der Richtlinie sind jene Lebensräume und Arten aufgelistet, welche durch das Natura-2000-Netz geschützt werden müssen. Innerhalb der Arten und Lebensräume von gemeinschaftlichem Interesse gibt es „prioritäre natürliche Lebensraumtypen“ und „prioritäre Arten“. Es sind dies auf dem Gebiet der Mitgliedstaaten vom Verschwinden bedrohte Lebensräume oder Arten, für die der Gemeinschaft besondere Verantwortung zukommt.

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind verpflichtet, spätestens sechs Jahre nach Vorliegen der Gemeinschaftsliste besondere Schutzgebiete auszuweisen. Das Netzwerk umfasst neben den FFH-Gebieten auch jene Gebiete, die nach der Vogelschutz-

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Richtlinie ausgewiesen wurden. Innerhalb Österreichs sind für den Schutz des prioritären Lebensraumtyps „Pannonische Salzsteppen und Salzwiesen" die Bundesländer Burgenland und Niederösterreich verantwortlich.

Als ausreichend repräsentiert gilt ein Lebensraumtyp, wenn seine Gesamtfläche in einer biogeographischen Region zu wenigstens 60 % durch Natura-2000-Gebiete abgedeckt ist. In der kontinentalen Region beträgt der Abdeckungsgrad des Lebensraumtyps „Pannonische Salzsteppen und Salzwiesen" 98 % (ELLMAUER et al. 1998). Flächenmäßig machen die Bestände im Bereich des Neusiedler Sees mehr als 95 % der österreichweiten Gesamtfläche aus (ELLMAUER & TRAXLER 2000). Folgende drei nominierte Schutzgebiete beherbergen die pannonischen Salzlebensräume, aber natürlich auch andere Habitattypen:

1. *Natura-2000-Gebiet „Neusiedler See – Seewinkel" (Burgenland):* Trockenrasen, Salzflächen, Pannonischer Eichen-Hainbuchenwald; 41.735 Hektar.
2. *Natura-2000-Gebiet „March-Thaya-Auen" (Niederösterreich):* Eichen-, Ulmen-, Eschen-, Erlen- und Weidenauen, Eichen-Hainbuchenwälder, Stillgewässer, Brenndolden-Auwiesen, halophile pannonische Lebensräume u. a.; 13.009 Hektar.
3. *Natura-2000-Gebiet „Siegendorfer Puszta und Heide" (Burgenland):* Trockenrasen; 31 Hektar.

Die Salzlebensräume in Zwingendorf wurden nicht als Natura-2000-Gebiet ausgewiesen.

Artikel 6 (1) der FFH-Richtlinie verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Festlegung von nötigen Erhaltungsmaßnahmen. Diese können gegebenenfalls in Form von eigens für die besonderen Schutzgebiete erstellten oder in bestehende Entwicklungspläne integrierten Bewirtschaftungsplänen (z. B. Managementpläne von Nationalparken) oder auch in rechtlicher, administrativer oder vertraglicher Form festgelegt werden (z. B. hoheitlicher Naturschutz oder Vertragsnaturschutz). Die Mitgliedstaaten sind aufgefordert, geeignete Maßnahmen zu setzen, um eine erhebliche Verschlechterung der Schutzinhalte in den Natura-2000-Gebieten zu vermeiden. Damit sind Verschlechterungseinflüsse sowohl innerhalb als auch außerhalb der Schutzgebiete gemeint.

Die Abstimmung der unterschiedlichen Interessen in Natura-2000-Gebieten kann im Wege einer Verträglichkeitsprüfung erfolgen. Zu prüfen ist, ob Maßnahmen negative Effekte auf die genau definierten Schutzziele im Gebiet haben könnten und wie diese gegebenenfalls ausgeglichen werden können.

Die Bedeutung des Projektes Natura 2000 für den Schutz von Salzlebensräumen liegt in der Verpflichtung der Mitgliedstaaten. Sie müssen Schutzmaßnahmen durchführen und haben die Regionalentwicklung auf die zu schützenden Lebensräume abzustimmen. Die EU-Richtlinie definiert nur das Ziel, die Umsetzung bleibt weiterhin in der Kompetenz der Bundesländer und kann den lokalen Anforderungen angepasst werden.

Natura-2000-Gebiete werden in der breiten Öffentlichkeit häufig mit Naturschutzgebieten gleichgesetzt. Während aber in einem Naturschutzgebiet grundsätzlich alles verboten ist, was in der Verordnung nicht ausdrücklich erlaubt ist, ist in einem Natura-2000-Gebiet alles möglich, was nicht erheblich mit den Schutzzielen kollidiert. Es ist Aufgabe der Behörden, die Schutzziele genau und vor allem verständlich zu definieren. Zusätzlich ist zu formulieren, welche Schutzmaßnahmen im Gebiet ergriffen werden sollen und welche Projekte in Konflikt mit dem Schutzziel treten können.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

10.3 Burgenländisches Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz

Das Burgenländische Naturschutz- und Landschaftspflegegesetz (NG 1990) dient dem Schutze und der Pflege der Natur und Landschaft in allen Erscheinungsformen. Es nimmt direkten Bezug zu den EU-Naturschutzrichtlinien. Ziel der gesetzlichen Bestimmungen ist es, durch Sicherung der biologischen Vielfalt im Burgenland zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume und wild lebenden Pflanzen- und Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse beizutragen (§ 22). Die Landesregierung hat die im Anhang I der FFH-Richtlinie angeführten und im Burgenland gefährdeten, natürlichen Lebensraumtypen nach Maßgabe der finanziellen Mittel zu schützen und einen günstigen Erhaltungszustand zu wahren oder wiederherzustellen (§ 22a).

Die zu schützenden Lebensraumtypen werden unter § 22a (2) aufgelistet. Salzwiesen, Salzseen, Salzlacken und ihre Uferzonen stehen an erster Stelle; ihre prioritäre Bedeutung ist angeführt. Diese Lebensraumtypen sind durch die Landesregierung mit Verordnung zu geschützten Lebensräumen zu erklären oder der Schutz muss durch Vereinbarungen oder Förderungen gewährleistet sein. Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass nach der FFH-Richtlinie als prioritär eingestufte Lebensraumtypen besonders zu berücksichtigen sind (§ 22a, Abs. 4).

Europaschutzgebiete müssen ausgewiesen werden, wenn es sich um Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (SPAs, SCIs) handelt, d. h. alle Natura-2000-Gebiete werden als Europaschutzgebiete verordnet. Unter den Schutzbestimmungen (§ 22c) wird allerdings darauf verwiesen, dass diese den jeweiligen Schutzgegenstand und Schutzzweck sowie die zur Erreichung des Zweckes notwendigen Gebote und Verbote zu enthalten haben. Jedenfalls sind aber zerstörerische oder beeinträchtigende Maßnahmen zu verbieten und ein Entwicklungs- und Pflegeplan zu erstellen (§ 22c). Sämtliche Planungen inner- und außerhalb eines Europaschutzgebietes sind auf Verträglichkeit zu prüfen (§ 22e).

Naturschutzgebiete sind Gebiete, die sich durch völlige oder weitgehende Ursprünglichkeit auszeichnen und in denen z. B. der Ablauf einer natürlichen Entwicklung gewährleistet ist oder die seltene oder gefährdete Lebensgemeinschaften von Tieren oder Pflanzen aufweisen (§ 21, Abs. 1).

Landschaftsschutzgebiete sind Gebiete, die sich durch besondere landschaftliche Vielfalt, Eigenart und Schönheit auszeichnen, die u. a. für die Erholung der Bevölkerung oder für den Tourismus besondere Bedeutung haben (§ 22, Abs. 1).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

10.4 Nationalparkgesetz Neusiedler See – Seewinkel

Der grenzüberschreitende Nationalpark „Neusiedler See – Seewinkel" wurde im Jahre 1992 errichtet (Nationalparkgesetz NPG 1992). Ein Ziel des Nationalparks ist die Sicherung der für diesen Bereich repräsentativen Landschaftstypen sowie der Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensräume (§ 1a). Der im Osten Österreichs gelegene Nationalpark umfasst den Neusiedler See, Schilfflächen, Salzlacken, Wiesen und Hutweiden. Die Gesamtfläche beträgt auf österreichischer Seite 9.500 Hektar.

Die Nationalparkflächen werden als Naturzonen (§ 6) oder Bewahrungszonen (§ 7) ausgewiesen. Bereiche, die in ihrer völligen oder weitgehenden Ursprünglichkeit mit möglichst ungestörtem Wirkungsgefüge des Naturhaushaltes (Ablauf natürlicher Entwicklungen) erhalten werden sollen, werden zur Naturzone erklärt. Die Naturzone ist die Zone des strengsten Schutzes im Nationalpark. Im Managementplan sind die Ziele eines Naturmanagements für Naturzonen festzulegen. Die Richtlinien der Weltnaturschutzunion IUCN, die EU-Naturschutzrichtlinien sowie wissenschaftliche Erkenntnisse sind bei der Erstellung zu berücksichtigen.

Bereiche, in denen die charakteristische Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensräume und allenfalls vorhandene historisch bedeutsame Objekte und historische oder charakteristische Landschaftsteile bewahrt werden sollen, werden zu Bewahrungszonen erklärt. Jeder Aufenthalt sowie jeder Eingriff, der die im Nationalparkgesetz festgelegten Ziele der Bewahrungszonen gefährdet, ist verboten. Das Betreten der Bewahrungszonen ist grundsätzlich nur auf den markierten Wegen gestattet.

Die Nationalparkgesellschaft Neusiedler See – Seewinkel hat in den Bewahrungszonen langfristige wissenschaftliche Forschungen, laufende Kontrollen (Monitoring) sowie eine Beweissicherung durchzuführen. Im Managementplan sind die Ziele eines Naturmanagements für Bewahrungszonen festgelegt. Die Richtlinien der IUCN, die EU-Naturschutzrichtlinien, aber auch wissenschaftliche Erkenntnisse sind bei der Erstellung zu berücksichtigen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

10.5 Niederösterreichisches Naturschutzgesetz

Durch das Niederösterreichische Naturschutzgesetz 2000 (NÖ NSCHG 2000) werden die FFH-Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie der EU umgesetzt.

Für den Aufbau des europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000" zum Schutz der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung und der Europäischen Vogelschutzgebiete sieht das Niederösterreichische Naturschutzgesetz die Ausweisung von Europaschutzgebieten vor (§ 9). Zu Europaschutzgebieten können insbesondere auch bereits bestehende Natur- und Landschaftsschutzgebiete erklärt werden (§ 9 Abs. 3). Europaschutzgebiete werden per Verordnung erklärt. Diese hat die flächenmäßige Begrenzung des Schutzgebietes, den jeweiligen Schutzgegenstand, insbesondere prioritäre Lebensraumtypen und prioritäre Arten, die Erhaltungsziele sowie die zur Erreichung eines günstigen Erhaltungszustandes notwendigen Gebote und Verbote festzulegen (§ 9 Abs. 4).

Gegebenenfalls sind für die Europaschutzgebiete Pflege-, Entwicklungs- und Erhaltungsmaßnahmen hoheitlicher oder vertraglicher Art zu treffen, die den ökologischen Erfordernissen der natürlichen Lebensraumtypen nach Anhang I und der Arten nach Anhang II der FFH-Richtlinie sowie der Vogelarten des Anhanges I der Vogelschutzrichtlinie, die in diesen Gebieten vorkommen, entsprechen (§ 9 Abs. 5).

Die Landesregierung hat den Erhaltungszustand der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen zu überwachen und zu dokumentieren. Dabei sind die prioritären natürlichen Lebensraumtypen und die prioritären Arten besonders zu berücksichtigen (§ 9 Abs. 6).

Die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der in Anhang I der FFH-Richtlinie aufgeführten natürlichen Lebensräume, die in einem Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung vorkommen wird eigens angeführt. Planungen inner- und außerhalb eines Europaschutzgebietes sind auf Verträglichkeit zu prüfen (§ 10).

Naturschutzgebiete sind in Niederösterreich Gebiete im Grünland, die sich u. a. durch weitgehende Ursprünglichkeit auszeichnen oder die für den betroffenen Lebensraum charakteristische Arten, insbesondere seltene oder gefährdete Tier- oder Pflanzenarten, beherbergen (§ 11 Abs. 1). In Naturschutzgebieten ist jeder Eingriff in das Pflanzenkleid oder Tierleben und jede Änderung bestehender Boden- oder Felsbildungen verboten (§ 11 Abs. 4).

Niederösterreich hat seine Salzlebensräume, die nur etwa 2 % der österreichweiten Gesamtfläche betragen (ELLMAUER & TRAXLER 2000), unter Schutz gestellt. Das Naturschutzgebiet „Salzsteppe Baumgarten an der March" wurde bereits 1968 ausgewiesen, das Naturschutzgebiet „Zwingendorfer Glaubersalzböden" 1979. Die Salzsteppe bei Baumgarten liegt innerhalb des Natura-2000-Gebietes „March-Thaya-Auen".

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

11 Literatur

ABEL, K. M. & DREW, E. A. (1989): Carbon metabolism. In: LARKUM, A. W. D., MCCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (eds.), Biology of Seagrasses, Chapter 22. Aquatic Plant Studies 2, Elsevier, 760–796.

ACHTZIGER, R. (1999): Möglichkeiten und Ansätze des Einsatzes von Zikaden in der Naturschutzforschung (Hemiptera: Auchenorrhyncha). Reichenbachia 33, 171–190.

ÁDÁM, L. (1996): A check-list of the Hungarian caraboid beetles (Coleoptera). Fol. Ent. Hung. 57, 5–64.

ADLBAUER, K. & KALTENBACH, A. (1994): Rote Liste gefährdeter Heuschrecken und Grillen, Ohrwürmer, Schaben und Fangschrecken (Saltatoria, Dermaptera, Blattodea, Mantodea). In: GEPP, J. (ed.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Verlag Ulrich Moser, Wien, 83–92.

AGNEZY, S. (2003): Von Weingarten zu Trockenrasen. Sandlebensräume am Podersdorfer Seedamm (NP Neusiedler See-Seewinkel). Laufkäfer als Indikatoren für landschaftliche Veränderungen. Diplomarbeit, Universität Wien, 36 pp.

ALADIN, N. V. (1991): Salinity tolerance and morphology of the osmoregulation organs in Cladocera with special reference to Cladocera from the Aral sea. Hydrobiologia 225, 291–299.

ALBERT, R. (1982): Halophyten. In: KINZEL, H. (ed.): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 33–204.

ALCOCER, J. & ESCOBAR, E. (1993): Athalassohalinity (on the concept of salinity in inland waters). Idrobiológica 3, 81–88.

ALCOCER, J. & HAMMER, U. T. (1998): Saline lake ecosystems of Mexico. Aqu. Ecosystem Health Manag. 1, 291–315.

ALCOCER, J., LUGO, A., ESCOBAR, E. & SANCHEZ, M. (1997): The macrobenthic fauna of a former perennial and now episodically filled Mexican saline lake. Int. J. Salt Lake Res. 5, 261–274.

ALONSO, M. (1990): Anostraca, Cladocera and Copepoda of Spanish saline lakes. Hydrobiologia 197, 221–231.

APFELBECK, V. (1904): Die Käferfauna der Balkanhalbinsel. Mit Berücksichtigung Klein-Asiens und der Krim. I., Caraboidea. Friedländer, Berlin.

ASSING, V. (1987): Zur Kenntnis der Ameisenfauna (Hym.: Formicidae) des Neusiedlerseegebiets. Burgenländische Heimatblätter 49, 74–90.

ASSING, V. (1989): Nachtrag zur Ameisenfauna (Hym.: Formicidae) des Neusiedlerseegebiets. Burgenländische Heimatblätter 51, 188–189.

AUKEMA, B. (1990): Additional data on the Heteroptera fauna of the Kiskunság National Park. Folia entomol. Hung. 51, 5–16.

BAGGE, P., ILUS, E. & PAASIVIRTA, L. (1980): Emergence of insects (esp. Dipera, Chironomidae) at different depths in the archipelago of Lovisa (Gulf of Finland) in 1971. Ann. Ent. Fenn. 46, 89–100.

BAKKER, J. P. (1978): Changes in a salt-marsh vegetation as a result of grazing and mowing – a five-year study of permanent plots. Vegetatio 38, 77–87.

BAKONYI, G. & VÁSÁRHELYI, T. (1987): The Heteroptera fauna of the Kiskunság National Park. In: MAHUNKA, S. (ed.), The Fauna of the Kiskunság National Park. II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 85–106.

BALTHASAR, V. (1972): Grabwespen – Sphecoidea. Fauna CSSR Vol. 20, Academia Praha, 471 pp.

BAUCHHENSS, E., WEISS, I. & TOTH, F. (1997): Neufunde von *Zelotes mundus* (Kulczynski, 1897) mit Beschreibung des Weibchens. Arachnol. Mitt. 13, 43–47.

BAUER, T. (1975): Zur Biologie und Autökologie von *Notiophilus biguttatus* F. und *Bembidion foraminosum* Strm. (Coleopt., Carabidae) als Bewohner ökologisch extremer Standorte. Zum Lebensformtyp des visuell jagenden Räubers unter den Laufkäfern (II). Zool. Anz. 194, 305–318.

BAUERNFEIND, E. & HUMPESCH, U. H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, Wien, 239 pp.

BAYER, J. N. (1853): Über die Flora von Tscheitsch in Mähren. Verh. Bot.-Zool. Ver. Wien II, 1852, 20–24.

BAYLY, I. A. E. (1972): Salinity tolerance and osmotic behaviour of animals in athalassic saline and marine hypersaline waters. Ann. Rev. Ecol. Syst. 3, 233–268.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Informationsberichte 4/98, 501 pp.

BELLMANN, H. (1993): Heuschrecken: beobachten – bestimmen. Naturbuch Verlag, Augsburg, 349 pp.

BELOCKY, R., PAPESCH, W., RANK, D. & STEINER, K.-H (1992): Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Lacken- und Grundwasser im Seewinkel auf der Basis von Isotopenanalysen. Unpubl. Bericht d. BVFA Arsenal, Wien.

BERG, H.-M. & ZUNA-KRATKY, T. (1997): Heuschrecken und Fangschrecken (Insecta: Saltatoria, Mantodea). Rote Listen ausgewählter Tiergruppen Niederösterreichs, Amt der NÖ Landesregierung, Wien, 112 pp.

BERNHAUSER, A. (1962): Zur Verlandungsgeschichte des Burgenländischen Seewinkels. Wiss. Arb. Bgld. 29, 143–171.

BETHGE, W. (1973): Ökologisch-physiologische Untersuchungen über die Bindung von *Erigone dentipalpis* (Araneae, Microphantidae) an das Litoral. Faun.-ökol. Mitt. 4, 223–240.

BITSCH, J. & LECLERCQ, J. (1993): Hyménoptères Sphecidae d'Europe Occidentale, Vol. I, Faune de France 79. Fed. Franç. Soc. Sci. Nat. Paris, 325 pp.

BLAB, J. (2000): Erfolgskontrollen im Naturschutz unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutzgroßprojekten des Bundes. In: SCHOLZ, R. W. (ed.): Erfolgskontrolle von Umweltmaßnahmen. Springer, Berlin, 93–108.

BLINDOW, I. (2000): Distribution of Charophytes along the Swedish coast in relation to salinity and eutrophication. Internat. Rev. Hydrobiol. 85, 707–717.

BLIONIS, G. J. & WOODIN, S. J. (1999): Vehicle track damage to salt marsh soil and vegetation at Culbin Sands, NE Scotland. Botanical Journal of Scotland 51, 205–220.

BLOWER, J. G. (1985): Millipedes. Keys and notes for the identification of the species. In: KERMACK, D. M., BARNES, R. S. K. (eds.): Synopses of the British fauna No. 35, E. J. Brill, Dr. W. Backhuys, London.

BLUDSZUWEIT, G. & RIEHL, I. (1998): Tod auf Zeit. Urzeitkrebse als Überlebenskünstler. Video, Orca Naturfilm, München.

BÖCHER, J. & ENGHOFF, H. (1984): A centipede in Greenland: *Lamyctes fulvicornis* Meinert, 1868 (Chilopoda, Lithobiomorpha, Henicopidae). Ent. Meddr. 52, 49–50.

BOJKO, H. (1932): Über eine *Cynodon dactylon*-Assoziation aus der Umgebung des Neusiedler Sees. Beihefte zum Botanischen Centralblatt L (Abt. II), 207–224.

BOJKO, H. (1934): Die Vegetationsverhältnisse im Seewinkel II. Beihefte Botanisches Zentralblatt, Dresden 51, 601–747.

BOUSQUET, Y. (2003): Pogonini. In: LÖBL, I. & SMETANA, A. (eds.): Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1. Apollo Books, Stenstrup, 286–288.

BRAUCKMANN, H.-J. & SCHREIBER, K.-F. (2001): Die Bracheversuchsfläche Oberstetten – eine Bilanz nach über 25 Jahren. Faun. Flor. Mitteilungen Taubergrund 19, 1–45.

BRAUER, F. (1877): Beiträge zur Kenntnis der Phyllopoden. Sb. Akad. Wiss. Wien Abt. 1, 75, 583–614.

BROCH, E. S. (1969): The osmotic adaptation of the fairy shrimp *Branchinecta campestris* Lynch to saline astatic waters. Limnol. Oceanogr. 14, 485–492.

BROCK, M. A. (1981): Accumulation of proline in a submerged aquatic halophyte *Ruppia* L. Oecologia 51, 217–219.

BRO-LARSEN, E. (1936): Biologische Studien über die tunnelgrabenden Käfer auf Skallingen. Vidensk. Medd. dansk. Naturh. Foren 100, 1–231.

BRTEK J. & THIÉRY, A. (1995): The geographic distribution of the European Branchiopods (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, Laevicaudata). Hydrobiologia 298, 263–280.

CASEMIR, H. (1970): *Silometopus bonessi* n. sp., eine neue Microphantide und vergleichende Darstellung der aus Deutschland bekannten Arten der Gattung *Silometopus* E. Simon 1926 (Arachnida: Araneae: Microphantidae). Decheniana 122, 207–216.

CIUPA, W. (1992): Liste der Carabidenarten der Salzstelle Hecklingen (Col.). Ent. Nachr. Ber. Berlin 36, 249–254.

CLEGG, J. S. (1997): Embryos of *Artemia franciscana* survive four years of continuous anoxia: the case for complete metabolic rate depression. J. Exp. Biol. 200, 467–475.

CONTE, F. P., HOOTMAN, S. R. & HARRIS, P. J. (1993): Neck Organ of *Artemia salina* Nauplii, a Larval Salt Gland. J. Comp. Physiol. 80, 299–318.

DANIHELKA, J. & ŠMARDA, P. (2001): *Triglochin maritima* na Slanisku u Nesytu. Zprávy Čes. Bot. Společ. 36, 45–47.

DAVIS, L. V. & GRAY, I. E. (1966): Zonal and seasonal distribution of insects in North Carolina salt marshes. Ecol. Monogr. 36, 275–295.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

DENNIS, P., YOUNG, M. R. & BENTLEY, C. (2001): The effects of varied grazing management on epigeal spiders, harvestmen and pseudoscorpions of *Nardus stricta* grassland in upland Scotland. Agric. Ecos. Envir. 86, 39–57.

DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 580 pp.

DICK, G., DVORAK, M., GRÜLL, A., KOHLER, B. & RAUER, G. (1994): Vogelparadies mit Zukunft? Ramsar-Gebiet Neusiedler See – Seewinkel. Umweltbundesamt, Wien, 356 pp.

DÖBEL, H., DENNO, R. & CODDINGTON, J. (1990): Spider (Araneae) community structure in an intertidal salt marsh: effects of vegetation structure and intertidal flooding. Environ. Entomol. 19, 1356–1370.

DOLLFUß, H. (1991): Bestimmungsschlüssel der Grabwespen Nord- und Zentraleuropas (Hymenoptera, Sphecidae) mit speziellen Angaben zur Grabwespenfauna Österreichs. Stapfia 24, 1–247.

DOLLFUß, H., GUSENLEITNER, J. & BREGANT, E. (1998): Grabwespen im Burgenland (Hymenoptera, Sphecidae). Stapfia 55, 507–552.

DOW, C. S. & SWOBODA, U. K. (2000): Cyanotoxins. In: WHITTON, B. A & POTTS, M. (eds.): The ecology of cyanobacteria. Kluwer Academic Publishers, Dortrecht – London – Boston, 613–632.

DRINKWATER, L. E. &. CLEGG, J. S (1991): Experimental biology of cyst diapause. In: Browne, S. & Trotman, C.N.A. (eds.): *Artemia* Biology. CRS Press, USA.

DUELLI, P. & OBRIST, M. K. (1998): In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. Biodiversity & Conservation 7, 297–309.

EASON, E. H. (1964): Centipedes of the British Isles. F. Warne & Co LTD, London.

EBMER, P. A. W. (1988): Kritische Liste der nicht-parasitischen Halictidae Österreichs mit Berücksichtigung aller mitteleuropäischen Arten (Insecta: Hymenoptera: Apoidea: Halictidae). Linzer Biol. Beitr. 20, 527–711.

EBNER, R. (1953): Saltatoria, Dermaptera, Blattodea, Mantodea. Catalogus Faunae Austriae 13a, 19 pp.

EBNER, R. (1955): Die Orthopteroiden (Geradflügler) des Burgenlandes. Burgenländische Heimatblätter 17, 56–62.

ECKERT, R. (1993): Tierphysiologie. Thieme Verlag, Stuttgart, 874 pp.

EDER, E. (1999): Rote Liste der Rückenschaler Kärntens (Crustacea: Branchiopoda: Notostraca). In: ROTTENBURG, T., WIESER, C., MILDNER, P. & HOLZINGER, W. E. (eds.): Rote Listen gefährdeter Tiere Kärntens. Naturschutz in Kärnten 15, 535–538.

EDER, E. & HÖDL, W. (1995a): Urzeitkrebse Ostösterreichs. Kartierungen 1994 & 1995. Unpubl. Forschungsbericht, Naturschutzabteilungen der Landesregierungen NÖ und Bgld.

EDER, E. & HÖDL, W. (1995b): Rediscovery of *Chirocephalus carnuntanus* and *Tanymastix stagnalis*: new data on large branchiopod occurrence in Austria. IUCN Anostracan News 3/2, 2.

EDER, E. &. HÖDL, W (2002): Large freshwater branchiopods in Austria: diversity, threats, and conservational status. In: ESCOBAR-BRIONES, E. & ALVAREZ, F. (eds.): Modern approaches to the study of Crustacea. Kluwer Academic /Plenum Publishers, New York, 281–289.

EDER, E., HÖDL, W. & MILASOWSZKY, N. (1996): Die Groß-Branchiopoden des Seewinkels. Stapfia 42, 93–101.

EDER, E., RICHTER, S., GOTTWALD, R. & HÖDL, W. (2000): First record of *Limnadia lenticularis* males in Europe (Branchiopoda: Conchostraca). J. Crust. Biol. 20, 657–662.

EDNEY, E. B. & NAGY, K. A. (1976): Water balance and excretion. In: BLIGH, J., CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. & MACDONALDS, A. G. (eds.): Environmental physiology of animals, Blackwall, Oxford.

ELLMAUER, T. & TRAXLER, A. (2000): Handbuch der FFH-Lebensraumtypen Österreichs. Umweltbundesamt, Monographien M-130, Wien, 208 pp.

ELLMAUER, T., TRAXLER, A., RANNER, A., & PAAR, M. (1998): Nationale Bewertung des österreichischen Natura 2000-Netzwerkes. Umweltbundesamt, Reports R-158, Wien, 158 pp.

ERDMANN, N. & HAGEMANN, M. (2001): Salt acclimation of algae and cyanobacteria: a comparison. In: RAI, L. C. & GAUR, J. P. (eds.): Algal adaptation to environmental stresses, Chapter 11. Springer Verlag, Berlin, 323–361.

EYUALEM, A. & COOMANS, A. (1996): Aquatic nematodes from Ethiopia II. The genus *Monhystrella* Cobb, 1918 (Monhysteridae: Nematoda) with the description of six new species. Hydrobiologia 324, 53–77.

FASSATI, M. (1957): Bestimmungstabelle der mitteleuropäischen *Amara*-Arten aus der Untergattung *Zezea.* Cs. Acta ent. Mus. nat. Pragae 31, 5–18.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

FESTETICS, A. (1970): Einfluß der Beweidung auf Lebensraum und Tierwelt am Neusiedlersee. Zool. Anz. 184, 1–17.

FORMAN, R. T. T. & MOORE, P. N. (1992): Theoretical foundations for understanding boundaries in landscape mosaics. In: HANSEN, A. J., & DI CASTRI, F. (eds.): Landscape Boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows. Springer, New York: 236–258.

FORSTER, S. J. (1998): Osmotic stress tolerance and osmoregulation of intertidal and subtidal nematodes. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 224, 109–125.

FOSTER, W. A. & TREHERNE, J. (1976): Insects of marine saltmarshes: problems and adaptations. In: CHENG, L. (ed.): Marine insects. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam/Oxford, 5–42.

FRANZ, H. (1964): Beiträge zur Kenntnis der Käferfauna des Burgenlandes. Wiss. Arb. Bgld. 31, 34–155.

FRANZ, H. (1970): Die Nordost-Alpen im Spiegel ihrer Landtierwelt. Band III Coleoptera 1. Teil, umfassend die Familien Cicindelidae bis Staphylinidae. Wagner, Innsbruck.

FRANZ, H. & BEIER, M. (1948): Zur Kenntnis der Bodenfauna im pannonischen Klimagebiet Österreichs. II. Die Arthropoden. Ann. Naturhist. Mus. Wien 56, 440–549.

FRANZ, H. & HUSZ, G. (1961): Die Salzböden und das Alter der Salzböden im Seewinkel. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges. 6.

FRANZ, H., HÖFLER, K. & SCHERF, E. (1937): Zur Biosoziologie des Salzlackengebietes am Ostufer des Neusiedlersees. Verh. zool. bot. Ges. Wien 56–57, 297–364.

FRANZ, H. & KOFLER, A. (1983): Rote Liste der in Österreich gefährdeten Käferarten (Coleoptera) – Hauptteil. In: GEPP, J. (Red.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, Band 2, 85–122.

FREITAG, H., WALTER, J. & WUCHERER, W. (1996): Die Gattung *Suaeda* (Chenopodiaceae) in Österreich, mit einem Ausblick auf die pannonischen Nachbarländer. Ann. Naturhist. Mus. Wien 98 B Suppl., 343–367.

FREUDE, H. (1976): Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 2, Adephaga 1. Familie Carabidae. Goecke & Evers, Krefeld.

FRIESE, H. (1901): Die Bienen Europa's (Apidae europaeae) nach ihren Gattungen, Arten und Varietäten Bd. 6, Subfamilien Panurginae, Melittinae, Xylocopinae. Selbstverlag Innsbruck, 284 pp.

FRÖHLICH, W. (1996): Zikaden-Nachweise aus dem Gebiet des Neusiedler Sees (Österreich, Burgenland) und aus angrenzenden Gebieten (Insecta: Auchenorrhyncha). Linzer Biol. Beitr. 28/1, 335–347.

FRÖHLICH, W. (1997a): Zur Salzverträglichkeit einiger Zikadenarten mitteleuropäischer Salzwiesen. Beitr. Zikadenkunde 1, 17–33.

FRÖHLICH, W. (1997b): Nährpflanzen- und Habitatnutzung salzstellenbesiedelnder Zikadenarten (Auchenorrhyncha) in Deutschland. Mitt. Dtsch. Ges. allg. Angew. Ent. 11, 905–909.

GANGLBAUER, L. (1892): Die Käfer von Mitteleuropa. Erster Band. Familienreihe Caraboidea. Carl Gerold's Sohn, Wien.

GÄTZ, N. (1993): Die Autökologie von *Peridiniopsis borgei* LEMM. (Dinophyceae) im Windradlteich bei Guntramsdorf, Niederösterreich. Diplomarbeit, Univ. Wien, 102 pp.

GÄTZ, N. & SCHAGERL, M. (1990): *Peridiniopsis borgei* LEMM., eine seltene Dinophyceae in Ziegelteichen in Wien und Niederösterreich. Lauterbornia 4, 24–29.

GEDDES, M. C. (1975): Studies on an Australian Brine Shrimp, *Parartemia zietziana* Sayce (Crustacea: Anostraca), III. The mechanisms of osmotic and ionic regulation. Comp. Biochem. Physiol. 51A, 573–578.

GEISER, K. (1993): Epigäische Arthropoden auf gemähten und ungemähten Wiesen im Seewinkel (Burgenland). Diplomarbeit, Univ. Wien, 122 pp.

GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. In: KOLKWITZ, R. (ed.): Die Algen. Dr. L. Rabenhorst´s Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 14. Band, 2nd Ed., reprint 1985, Koeltz Scientific Books, 1196 pp.

GEITLER, L. (1959): *Spirulina raphidioides* n. sp. und Bemerkungen über ähnliche Planktonalgen. Österr. Bot. Z. 106, 133–137.

GEITLER, L. (1970): Beiträge zur epiphytischen Algenflora des Neusiedler Sees. Österr. Bot. Z. 118, 17–29.

GEPP, J. (ed., 1994): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Bd. 2. Styria, Graz, 355 pp.

GERSDORF, E. (1966): Ist *Pterostichus macer* halophil? Ein Beitrag zur Frage der Halophilie. Ent. Bl. Biol. Syst. Käfer 62, 6–13.

GIMMLER, H. & DEGENHARDT, B. (2001): Alkaliphilic and alkalitolerant algae. In: RAI, L. C. & GAUR, J. P. (eds.): Algal adaptation to environmental stresses, chapter 10. Springer Verlag, Berlin, 291–321.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

GLATZ, A. (1976): Biologie und Populationsdynamik zweier Hemipteren: Heteroptera Corixidae *(Sigara concinna* und *Sigara lateralis)* eines alkalischen Gewässers (Birnbaumlacke) im Seewinkel – Burgenland. Dissertation, Univ. Wien.

GOGALA, A. (1998): The identity of *Megachile dorsalis* Pérez and *Megachile burdigalensis* Benoist, sp. rev. (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae). Acta. Ent. Sloven. 6, 79–87.

GOLDSMITH, F. B. (1992): Coppicing – a conservation panacea? In: BUCKLEY, G. P. (ed.): Ecology and management of coppice woodlands. Chapman and Hall, London, 306–312.

GOTTWALD, R. & HÖDL, W. (1996): Zur Phänologie von Groß-Branchiopoden der unteren March-Auen. Stapfia 42, 51–58.

GOULD, S. J. & LEWONTIN, R. C. (1979): The spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: a critique of the adaptionist programme. Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. 205, 581–598.

GRAILICH, A. (1818): Die Wieselburger Gespannschaft in Ungern. In: SARTORY, F. (ed.): Erneuerte vaterländische Blätter für den österreichischen Kaiserstaat. Wieselburg.

GRASSO, D. A., UGOLINI, A., VISICCHIO, R. & MOLI, F. L (1997): Orientation of *Polyergus rufescens* (Hymenoptera, Formicidae) during slave-making raids. Anim. Behav. 54, 1425–1438.

GREEN, J. (1993): Zooplankton associations in East African lakes spanning a wide salinity range. Hydrobiologia 267, 249–256.

GRULICH, V. (1987): Slanomilné rostliny na jižní Moravě. Český svaz ochránců přírody, Břeclav.

GRUNOW, A. (1860): Über neue oder ungenügend bekannte Arten. Verh. kaiserl.-königl. zool.- bot. Ges. Wien 10, 503–582.

GRUNOW, A. (1862a): Die österreichischen Diatomaceen nebst Anschluß einiger neuer Arten von anderen Lokalitäten und einer kritischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen und Arten. Erste Folge. Epithemieae, Meridioneae, Diatomeae, Entophyleae, Surirelleae, Amphipleureae. Verh. kaiserl.-königl. zool.-bot. Ges. Wien 12, 315–472.

GRUNOW, A. (1862b): Die österreichischen Diatomaceen nebst Anschluß einiger neuer Arten von anderen Lokalitäten und einer kritischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen und Arten. Zweite Folge. Nitzschieae. Verh. kaiserl.-königl. zool.-bot. Ges. Wien 12, 315–472.

GÜNTHER, H. & SCHUSTER, G. (2000): Verzeichnis der Wanzen Mitteleuropas (Insecta: Heteroptera) (2. überarbeitete Fassung). Mitt. internat. entomol. Ver., Suppl. VII, 1–69.

HAAS, P., HAIDINGER, G., MAHLER, H., REITINGER, J. & SCHMALFUSS, R. (1992): Grundwasserhaushalt Seewinkel. Inst. f. Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien, Forschungsbericht 14, 62 pp. + 51 pp. Anhang, Wien.

HAMMER, U. T. (1986): Saline lake ecosystems of the world. Dr. W. Junk bv Publ., Dordrecht – Boston – Lancaster. Monogr. Biol. 59, 616 pp.

HAMMER, U. T., SHEARD, J. W & KRANABETTER, J. (1990): Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes. Hydrobiologia 197, 173–192.

HÄNGGI, A., STÖCKLI, E. & NENTWIG, W. (1995): Lebensräume mitteleuropäischer Spinnen. Miscellanea Faunistica Helvetiae 4, 1–460.

HARZ, K. (1975): Die Orthopteren Europas. Band II Caelifera. Series Entomologica, Dr. W. Junk, The Hague, 5, 939 pp.

HEBAUER, F. (1994): Entwurf einer Entomosoziologie aquatischer Coleoptera in Mitteleuropa (Insecta, Coleoptera, Hydradephaga, Hydrophiloidea, Dryopoidea). Lauterbornia 19, 43–57.

HEROLD, W. (1932): *Armadillidium zenckeri* Brat. als boreal-alpine Isopodenart. Mitteil. des naturwiss. Vereines in Greifswald 59, 66–70.

HERZIG, A. & DOKULIL, M. (2001): Neusiedler See – ein Steppensee in Europa. In: DOKULIL, M., HAMM, A. & KOHL, J.-G. (eds.): Ökologie und Schutz von Seen. Facultas-Universitäts-Verlag, UTB-Taschenbücher Nr. 2110, Wien, 401–415.

HERZIG, A. & KOSTE, W. (1989): The development of *Hexarthra* spp. in a shallow alkaline lake. Hydrobiologia 186/187, 129–136.

HEYDEMANN, B. (1968): Das Freiland- und Laborexperiment zur Ökologie der Grenze Land-Meer. Verh. Dtsch. Zool. Ges. Heidelberg, 256–308.

HEYDEMANN, B. (1969): Ökologische Untersuchungen zum Problem der halophilen und haloresistenten Spinnen. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., 2. Ser. 41, 226–232, Suppl. 1.

HEYDEMANN, B. (1973): Zum Aufbau semiterrestrischer Ökosysteme im Bereich der Salzwiesen der Nordseeküsten. Faun.-ökol. Mitt. 4, 155–168.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

HEYDEMANN, B. (1983): Ecology of the arthropods of the lower salt marsh. In: WOLFF, W. J. (ed.): Ecology of the Wadden Sea. Rotterdam Bd. 3, 10/35-10/57.

HIEBSCH, H. (1962): Vergleichende ökologische Studien der Spinnenfauna in den Naturschutzgebieten Salzstelle bei Hechlingen und westlich der Numburg. Arch. f. Natursch. 2, 53–84.

HIEKE, F. (1970): Die paläarktischen *Amara*-Arten des Subgenus *Zezea* Csiki (Car., Col.). Dtsch. ent. Z. N. F. 17, 119–214.

HIEKE, F. (1983): Cicindelidae and Carabidae (Coleoptera) of the Hortobagy. Natural History of the National Parks of Hungary 2, 139–153.

HOCHSTETTER, F. (1825): Übersicht des Merkwürdigsten aus Mährens Flora. Flora (Regensburg) 8, 513–525, 529–537.

HÖDL, W. & EDER, E. (2000): Urzeitkrebse (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca, Conchostraca). 1. Fassung 1999. In: Rote Listen ausgewählter Tiergruppen Niederösterreichs, Amt d. NÖ. Landesregierung, St. Pölten, 4-33.

HOFFMANN, A. (1925a): Beitrag zur Coleopterenfauna des Neusiedlerseegebiets (1). Ent. Anz. 5, 75–79.

HOFFMANN, A. (1925b): Beitrag zur Coleopterenfauna des Neusiedlerseegebiets (2). Ent. Anz. 5, 81–85.

HÖFLER, K. & FETZMANN, E. L. (1959): Algen-Kleingesellschaften des Salzlackengebietes am Neusiedler See. I. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I 168, 371–386.

HOFMANN, T. (Red., 1997): Exkursionsführer „Das Land um Laa an der Thaya". ÖGG, Exkf. 17, 5–10.

HOLMES, B. (1997): Shrimps challenging meaning of life. New Scientist 153/2068, 15.

HOLZER, T., SCHLICK-STEINER, B. C. & STEINER, F. M. (2002): Pflege Salzstandorte Zwingendorf. Endbericht. Im Auftrag des Dorfmuseums Zwingendorf, mit Unterstützung der NÖ Landesregierung, Naturschutzabteilung, 56 pp.

HOLZINGER, W. E. & REMANE, R. (1994): Zikaden-Erstnachweise aus Österreich (Ins.: Homoptera Auchenorrhyncha). Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 124, 237–240.

HOOTMAN, S. R. & CONTE, F. P. (1975): Functional morphology of the neck organ in *Artemia salina* nauplii. J. Morph. 145, 371–386.

HOPKIN, S. P. & READ, H. J. (1992): The biology of millipedes. Oxford University Press, Oxford.

HORION, A. (1941): Faunistik der deutschen Käfer — Band I: Adephaga Caraboidea. Goecke & Evers, Krefeld.

HORION, A. (1959): Die halobionten und halophilen Carabiden der deutschen Fauna. Wiss. Z. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Math. Nat. VIII, 549–556.

HORION, A. (1970): Zehnter Nachtrag zum Verzeichnis der mitteleuropäischen Käfer. Ent. Bl. Biol. Syst. Käfer 66, 1–29.

HUMPHREYS, W. F. (1975): The influence of burrowing and thermoregulatory behaviour on the water relations of *Geolycosa godeffroyi* (Araneae: Lycosidae), an Australian wolf spider. Oecologia 21, 291–311.

HŮRKA, K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín.

HUSTEDT, F. (1957): Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. Naturw. Verein Bremen 34, 181–440.

HUSTEDT, F. (1959a): Die Diatomeenflora des Neusiedler Sees im österreichischen Burgenland. Österr. Bot. Z. 106, 390–430.

HUSTEDT, F. (1959b): Die Diatomeenflora des Salzlackengebietes im österreichischen Burgenland. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I 168, 387–452.

HUSTON, M. A. (1994): Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, Cambridge.

HUTCHINSON, G. E. (1967): A treatise on limnology, Vol. II: Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1115 pp.

HÜTTERER, F. (1990): Ökophysiologische Untersuchungen an Pflanzen im Naturschutzgebiet „Zwingendorfer Glaubersalzböden". Diplomarbeit, Univ. Wien, 51 pp.

HÜTTERER, F. & ALBERT, R. (1993): An ecophysiological investigation of plants from a habitat in Zwingendorf (Lower Austria) containing Glauber´s salt. Phyton (Horn, Austria) 33, 139–168.

IENIŞTEA, M. A. (1979): Die Cliviniden Rumäniens (Coleoptera, Caraboidea). Trav. Mus. Hist. Nat. „Gr. Antipa" 20, 211–244.

INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. Die Neue Brehm-Bücherei 629, Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 pp.

IRMLER, U. & HEYDEMANN, B. (1986): Die ökologische Problematik der Beweidung von Salzwiesen an der Niedersächsischen Küste am Beispiel der Leybucht. Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachsen Beiheft 15, 115 pp.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

JÄCH, M. A. (1982): Beitrag zur Kenntnis der Wasserkäfer des Bezirkes Scheibbs (NÖ) (Col. Elmidae, Hydraenidae excl. *Limnebius,* Dytiscidae). Koleopterologische Rundschau 56, 75–88.

JÄCH, M., KODADA, J., MOOG, O. & SCHÖDL, S. (2002): Coleoptera – Teil III. In: MOOG, O. (ed.): Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung 2002. Wasserwirtschaftskataster, BMLFUW, Wien, 43 pp.

JANCHEN, E. (1977): Flora von Wien, Niederösterreich und Nordburgenland, 2. Aufl. Verein für Landeskunde von Niederösterreich und Wien, 758 pp.

JANSSON, A. (1986): The Corixidae (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions. Acta Entomologica Fennica 47, 1–94.

JEANNE, C. &. ZABALLOS, J. P (1986): Catalogue des Coleoptères Carabiques de la Peninsule Ibérique. Bull. Soc. Linn. Bordeaux, Suppl., 1–200.

JENÍK, J. (1977): [Rec.] J. Vicherek, Die Pflanzengesellschaften der Halophyten- und Subhalophytenvegetation der Tschechoslowakei, Praha 1973. Preslia 49, 189–192.

JUNGWIRTH, M. (1973): Populationsdynamik und Produktionsrate von *Branchinecta orientalis* (G. O. Sars – Crustacea, Anostraka) in der Birnbaumlacke (Seewinkel, Burgenland), unter besonderer Berücksichtigung der limnologischen Bedingungen dieses Gewässers. Dissertation, Univ. Wien.

JURASKY, J. (1980): Die Flora des Westlichen Weinviertels. Besonders der Umgebung von Hollabrunn. Unveröffentliches Manuskript, 179 pp.

KADLUBOWSKA, J. Z. (1984): Conjugatophyceae I, Zygnemales. In: ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 16. G. Fischer Verlag, Jena, 532 pp.

KADYRBEKOV, R. K. (1990): Vidovoi sostav i ekologicheskiye kompleksy zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) kurgaldzhinskogo zapovednika. [Species composition and ecological complexes of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Kurgaldzhinsk Nature Reserve.]. In: MITJAEV, I. D., KAZENAS, V. L. & NIKOLAEV, G. V. (eds.): Sistematika i biologiya nasekomykh Kazakhstana [The systematic and biology of insects of Kazakhstan]. Akademiya nauk Kazakhskoy SSR, Alma-Ata, 118–122.

KALTENBACH, A. (1962): Zur Soziologie, Ethologie und Phänologie der Saltatoria und Dictyoptera des Neusiedlerseegebietes. Wiss. Arb. Bgld. 29, 78–102.

KALTENBACH, A. (1963): Milieufeuchtigkeit, Standortsbeziehungen und ökologische Valenz bei Orthopteren im pannonischen Raum Österreichs. Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 172, 97–119.

KALTENBACH, A. (1970): Zusammensetzung und Herkunft der Orthopterenfauna im pannonischen Raum Österreichs. Ann. Naturhist. Mus. Wien 74, 159–186.

KARG, J. (1966): Water bugs (Heteroptera) of Gliwice and Rybnik environs. Fragmenta Faunistica 12.

KARNOZHIZKIY, N. Y. [KARNOSCHITZKY, N. Y.] (1950): Obzor zhukov galobiontov i galofilov chemnomorskogo poberezhỳa Bolgarii. [Review of halobiont and halophil Coleopterae of Bulgarian Black-Sea schores (sic!)] Trudove na morskata biologichna stanziya v Stalin [Publications of the Marine Biological Station of Stalin] 15, 1–66.

KARNY, H. (1908): Ergebnisse einer orthopterologischen Exkursion an den Neusiedler See. Wiener Ent. Ztg. 27, 92–98.

KELBER, K.-P. (1999): *Triops cancriformis* (Crustacea, Notostraca): Ein bemerkenswertes Fossil aus der Trias Mitteleuropas. In: HAUSCHKE, N. & WILDE, V. (eds.): Trias – eine ganz andere Welt, Ill.16, Verl. Dr. F. Pfeil, München, 383–394.

KERFOOT, W. C. & LYNCH, M. (1987): Branchiopod communities: associations with planktivorous fish in space and time. In: KERFOOT, W. C. & SIH, A. (eds.): Predation Direct and indirect impacts on aquatic communities. University Press of New England, Hannover, New Hampshire, U.S.A., 367–378.

KERTESZ, G. (1955): Die Anostraca-Phyllopoden der Natrongewässer bei Farmos. Acta Zool. Ac. Sci. Hung. 1, 309–321.

KIKUCHI, S. (1972): Three-dimensional networks of a tubular system in the salt-transporting cells of the gill and the neck organ of *Artemia salina* (brine shrimp). Ann. Rep. Iwate Medical Univ. School of Liberal Arts and Sciences 7, 15–26.

KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 534 pp.

KIRSCHENHOFER, E. & REISER, P. (1994): Teil Carabidae, Rote Liste der gefährdeten Käfer Österreichs (ed. Jäch, M.). In: GEPP, J. (ed.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Bd. 2. Styria, Graz, 112–119.

KIRSCHENHOFER, E. (1990): Faunistische Notizen (Coleoptera: Carabidae). Koleopterol. Rundsch. 60, 15–17.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

KLAUSNITZER, B. (1996): Käfer im und am Wasser. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 567, Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 200 pp.

KNIE, K. (1959): Über den Chemismus der Wässer im Seewinkel und des Neusiedlersees. Wiss. Arb. Bgld. 23, 65–68.

KNÜLLE, W. (1954): Zur Taxonomie und Ökologie der norddeutschen Arten der Gattung *Erigone* Aud. Zool. Jb. (Syst.) 83, 63–110.

KOCH, K. (1989): Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie. Goecke & Evers, Krefeld.

KOHLER, B., RAUER, G. & WENDELIN, B. (1994): Landschaftswandel. In: DICK, G., DVORAK, M., GRÜLL, A., KOHLER, B. & RAUER, G. (eds.): Vogelparadies mit Zukunft? Ramsar-Gebiet Neusiedler See – Seewinkel. Ramsar-Bericht 3, Umweltbundesamt, Wien, 21–34.

KOLBE, R. W. (1927): Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasserdiatomeen. Die Kieselalgen des Sperenberger Salzgebietes. Pflanzenforschung 7, 1–146.

KOLBE, R. W. (1932): Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen. Ergebn. Biol. 8, Berlin.

KÖLLNER, J. (1983): Vegetationsstudien im westlichen Seewinkel (Burgenland) – Zitzmannsdorfer Wiesen und Salzlackenränder. Dissertation, Univ. Salzburg.

KOMAREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1999): Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. In: ETTL, H., GÄRTNER, G., HEYNIG, H. & ANAGNOSTIDIS, K. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/1, G. Fischer Verlag, Jena, 548 pp.

KOÓ, A. (1995): Naturschutz im Burgenland. Teil 1: Geschützte Gebiete. Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. IV – Natur- und Landschaftsschutz, Eisenstadt, 123 pp.

KORNER, I., TRAXLER, A. & WRBKA, T. (1997): Die Hutweide im Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel. Zolltexte 27, 47–49.

KORNER, I., TRAXLER, A. & WRBKA, T. (1999): Trockenrasenmanagement und -restituierung durch Beweidung im „Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel". Verh. zool.-bot. Ges. Österreich 136, 181–212.

KORNER, I., TRAXLER, A. & WRBKA, T. (2000): Vegetationsökologisches Beweidungsmonitoring Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel. BfB-Bericht 88, 82 pp.

KRACHLER, R. (1992): Beiträge zu Chemismus und Wasserhaushalt der Lacken des Burgenländischen Seewinkels. Dissertation, Univ. Wien, 86 pp.

KRACHLER, R. (1993): Beitrag zu Wasserhaushalt der Lacken des Seewinkels. BfB-Bericht 79, 63–82.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988): Bacillariophyceae. Teil 2, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2., G. Fischer Verlag, Stuttgart-Jena, 596 pp.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, L. (1997): Bacillariophyceae, Teil 1: Naviculaceae. In: ETTL, H., GERLOFF, J., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1. durchges. Nachdruck, G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 876 pp.

KRAPFENBAUER, A. (1962): Einiges über die Auen an der March. Cbl. ges. Forstwesen 79, 193–209.

KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). In: ETTL, H., GÄRTNER, G., HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 18. G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 202 pp.

KRZISCH, J. F. (1859): Der Tscheitscher-See in Mähren. Oest. Bot. Z. 10, 143–161.

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

KÜHNELT, W. (1950): Bodenbiologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Verlag Herold, Wien, 368 pp.

KULT, K. (1946): Popisy dvou nových Carabidů ze střední Evropy a kritické poznámky [Descriptions of two new Carabidae from central Europe, and critical notes]. Ent. Listy 9, 59–66.

KUSEL-FETZMANN, E. (1974): Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Neusiedler Sees I. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, 183, 5–8.

KUSEL-FETZMANN, E. (1979): The algal vegetation of Neusiedlersee. In: LÖFFLER, H. (ed.): Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in Central Europe, Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague – Boston – London, 171–202.

KUSEL-FETZMANN, E. (2002): Die Euglenophytenflora des Neusiedler Sees (Burgenland, Österreich). Abh. Zool.-bot. Ges. Österr. 32, 1–115.

LAMBECK, R. J. (1997): Focal species – a multi-species umbrella for nature conservation. Conserv. Biol. 11, 849–856.

LAMBECK, R. L. (2002): Focal species and restoration ecology: response to Lindenmayer at al. Conserv. Biol. 16, 549–551.

LAMBERS, H., CHAPIN, F. S. III & PONS, T. L. (1998): Plant physiological ecology. Springer-Verlag New York, Berlin, Heidelberg, 540 pp.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

LAUTERBORN, R. (1921): Faunistische Beobachtungen aus dem Gebiete des Oberrheins und des Bodensees. Mitt. Bad. Landesver. f. Naturkunde u. Naturschutz i. Freiburg i. Br. N. F. 1, 113–121.

LAZOWSKI, W. (1999): Böden. In: KELEMEN, J. & OBERLEITNER, I. (eds.): Fließende Grenzen. Lebensraum March-Thaya-Auen. Umweltbundesamt, Wien, 51–53.

LEE, R. E. (1999): Phycology. 3rd Edition. Cambridge University Press, 614 pp.

LEGLER, F. (1941): Zur Ökologie der Diatomeen burgenländischer Natrontümpel. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, 150, 45–72.

LETHMAYER, C. (1992): Einfluß der Beweidung auf die Arthropodenfauna der Feuchtwiesen im Seewinkel (Burgenland). Diplomarbeit, Univ. Wien.

LEWIS, J. G. E. (1981): The biology of centipedes. Cambridge University Press, Cambridge.

LINDENMAYER, D. B., MANNING, A. D., SMITH, P. L., POSSINGHAM, H. P., FISCHER, J., OLIVER, I. & McCARTHY, M. A. (2002): The focal-species approach and landscape restoration: a critique. Conserv. Biol. 16, 338–345.

LINDROTH, C. H. (1985): The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark I. Fauna Entomologica Scandinavica 15, 1–226.

LÖFFLER, B. (1993a): Einfluß der Beweidung auf die Arthropodenfauna der Trockenwiesen im Seewinkel (Burgenland). Diplomarbeit, Univ. Wien, 73 pp.

LÖFFLER, H. (1957): Vergleichende limnologische Untersuchungen an den Gewässern des Seewinkels (Burgenland). Verh. Zool. Bot. Ges. 97, 27–52.

LÖFFLER, H. (1959): Zur Limnologie, Entomostraken- und Rotatorienfauna des Seewinkelgebietes (Burgenland, Österreich). Sitzgsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, 168, 315–362.

LÖFFLER, H. (1961): Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer. II. Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceenfauna. Int. Revue ges. Hydrobiol. 46, 309–406.

LÖFFLER, H. (1982): Der Seewinkel. Die fast verlorene Landschaft. Niederösterreichisches Pressehaus, St. Pölten, 160 pp.

LÖFFLER, H. (1993b): Anostraca, Notostraca, Laevicaudata and Spinicaudata of the Pannonian region and in its Austrian area. Hydrobiologia 264, 169–174.

LOHSE, G. A. (1971a): 2. Unterfamilie: Hydrophilinae. In: FREUDE, H., HARDE, K. W. & LOHSE, G. A. (eds.): Die Käfer Mitteleuropas, Band 3, Goecke & Evers, Krefeld, 141–156.

LOHSE, G. A. (1971b): 7. Familie: Hydraenidae. In: FREUDE, H., HARDE, K. W. & LOHSE, G. A. (eds.): Die Käfer Mitteleuropas, Band 3, Goecke & Evers, Krefeld, 95–125.

LORENZ, W. (1998): Systematic list of extant ground beetles of the world (Coleoptera „Geadephaga": Trachypachldae and Carabidae incl. Paussinae, Cicindelinae, Rhysodinae). First edition. published by the author, Tutzing.

LUCZAK, J. (1979): Spiders in in agrocoenoses. Polish Ecol. Stud. Z 15, 151–200.

LÜNING, K. (1985): Meeresbotanik. G. Thieme Verlag, Stuttgart – New York, 375 pp.

MACHURA, L. (1935a): Ökologische Studien im Salzlackengebiet des Neusiedler Sees, mit besonderer Berücksichtigung der halophilen Koleopteren- und Rhynchotenarten. Z. wiss. Zool. (A) 146, 555–590.

MACHURA, L. (1935b): Zur Biologie und geographischen Verbreitung der halophilen Koleopteren- und Rhynchoten des Neusiedler See-Gebietes. Zool. Anz. 110, 77–90.

MADDISON, D., BAKER, M. & OBER, K. (1999): Phylogeny of carabid beetles as inferred from 18S ribosomal DNA (Coleoptera: Carabidae). Syst. Entomol. 24, 103–138.

MANDL, K. (1981): Revision der unter *Cicindela lunulata* F. im Weltkatalog der Cicindelinae zusammengefaßten Formen (Coleoptera, Cicindelidae). Ent. Arb. Mus. Frey 29, 117–176.

MARSCHNER, H. (1986): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, San Diego, 527 pp.

MAZEK-FIALLA, K. (1936): Die tiergeographische Stellung und die Biotope der Steppe am Neusiedler See in bezug auf pontische, mediterrane und halophile Tierformen. Archiv f. Naturgeschichte 5, 449–482.

MAZEK-FIALLA, K. (1940): Der Einfluß der Kulturlandschaft auf die Tierwelt der Salzsteppe am Neusiedlersee. Niederdonau 2, 2–26.

MEGYERI, J. (1971): Zusammenhänge zwischen den Umweltfaktoren und dem Mesozooplankton der Natrongewässer. Sitz.ber. Akad. Wiss. math.-nat. Kl., Abt. I, 179, 279–282.

MELBER, A., GÜNTHER, H., RIEGER, C. (1991): Die Wanzenfauna des österreichischen Neusiedlerseegebietes (Insecta, Heteroptera). Wiss. Arb. Bgld. 89, 63–192.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

METZ, H. & FORRÓ, L. (1989): Contributions to the knowledge of the chemistry and crustacean zooplankton of sodic waters: the Seewinkel pans revisited. BfB-Bericht 70.

MILASOWSZKY, N. & ZULKA, K. P. (1994): Laufkäfer- und Spinnenzönosen der Salzlacken im Seewinkel als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Unpubl. Studie i. A. des BMfWuF und dem Amt der Bgld. Landesregierung, 174 pp.

MILASOWSZKY, N. & ZULKA, K. P. (1996): Verbreitung und Lebensraumtypen der Südrussischen Tarantel, *Lycosa singoriensis* (Laxmann 1770), im Seewinkel: Datengrundlagen für ein effektives Zielarten-Management. BfB-Bericht 85, 1–45.

MILASOWSZKY, N. & ZULKA, K. P. (1998): Habitat requirements and conservation of the „flagship species" *Lycosa singoriensis* (Laxmann, 1770) (Araneae: Lycosidae) in the National Park Neusiedler See – Seewinkel (Austria). Z. Ökologie u. Naturschutz 7, 111–119.

MILLIDGE, A. F. (1988): Genus *Prinerigone* gen. nov. (Araneae: Linyphiidae). Bull. Brit. Arachnol. Soc. 7, 216.

MILNE, L. & MILNE, M. (1980): The Audubon Society Field Guide to North American Insects and Spiders. A. A. Knopf, New York, 989 pp.

MORSE, D. (1997): Distribution, movement and activity pattern of an intertidal wolf spider *Pardosa lapidicina* population (Aranaeae, Lycosidae). J. Arachnol. 25, 1–10.

MÓCZAR, L. (1986): The Survey of the Chrysidoidea, Pompiloidea und Vespoidea Fauna of the Kiskunság National Park (Hymenoptera). In: The Fauna of the Kiskunság Nationalpark I. Akadémiai Kiadó Budapest, pp. 383–400.

MOUGENOT, B., POUGET, M. & EPEMA, G. F. (1993): Remote sensing of salt affected soils. Remote Sensing Rev. 7, 241–259.

MÜLLER, J. (1922): Bestimmungstabelle der *Dyschirius*-Arten Europas und der mir bekannten Arten aus dem übrigen palaearktischen Faunengebiet. Koleopt. Rdsch. 10, 33–120.

MUNDKOWSKI, E. & MEIJERING, M. P. D. (1987): Cladoceren im Brackwasserteich bei Heringen an der Werra. Beitr. Naturkde. Osthessen 23, 67–69.

NEILREICH, A. (1859): Flora von Niederösterreich. Carl Gerolds Sohn, Wien.

NELHIEBEL, P. (1980): Die Bodenverhältnisse des Seewinkels. BfB-Bericht 37, 41–48.

NEMENZ, H. (1958): Beitrag zur Kenntnis der Spinnenfauna des Seewinkels (Burgenland, Österreich). Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss. Math.-Nat. Kl. Abt. I, 167, 83–118.

NEMENZ, H. (1975): Physiologische Anpassungen an Salzstandorte bei Land- und Wassertieren des Binnenlandes. Verh. Ges. Ökol. 1975, 221–228.

NEW, T. R. (1993): Angels on a pin: dimensions of the crisis in invertebrate conservation. Amer. Zool. 33, 623–630.

NEW, T. R. (1995): An introduction to invertebrate conservation biology. Oxford University Press, Oxford.

NEWRKLA, P. (1978): The influence of ionic composition on population parameters, development, time activity and respiration rate of *Arctodiaptomus spinosus* (Daday) (Calanoida, Copepoda). Oecologia 33, 87–99.

NICKEL, H., HOLZINGER, W. E. & WACHMANN, E. (2002): Mitteleuropäische Lebensräume und ihre Zikadenfauna (Hemiptera: Auchenorrhyncha). In: HOLZINGER, W. E. (ed.): Zikaden. Leafhoppers, planthoppers and Cicadas (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha). Denisia 4, 279–328.

NIKLFELD, H. & SCHRATT-EHRENDORFER, L. (1999): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Österreichs. In: NIKLFELD, H. (ed.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. 2. neu bearbeitete Auflage. Grüne Reihe des BMUJF, Bd. 10, 33–130.

NYILAS, I. (1994a): Habitat distribution of *Brachinus* species in alkaline and salty steppes and loess grassland (Coleoptera: Carabidae). In: DESENDER, K., DUFRÊNE, M., LOREAU, M., LUFF, M. L. & MAELFAIT, J.-P. (eds.): Carabid beetles. Ecology and evolution, Series Entomologica Vol. 51, Kluwer, Dordrecht, 193–199.

NYILAS, I. (1994b): Additions to the carabid fauna of the Hortobágy National Park. In: DESENDER, K., DUFRÊNE, M., LOREAU, M., LUFF, M. L. & MAELFAIT, J.-P. (eds.): Carabid beetles. Ecology and evolution, Series Entomologica Vol. 51, Kluwer, Dordrecht, 33–36.

OLESEN, J. (1996): External morphology and phylogenetic significance of the dorsal/neck organ in the Conchostraca and the head pores of the cladoceran family Chydoridae (Crustacea, Branchiopoda). Hydrobiologia 330, 213–226.

PAAR, M., SCHRAMAYR, G., TIEFENBACH, M. & WINKLER, I. (1993): Burgenland, Niederösterreich, Wien. In: TIEFENBACH, M. (ed.): Naturschutzgebiete Österreichs. Umweltbundesamt Monographien Bd. 38A, 274 pp.

PANKOW, H. (1976): Algenflora der Ostsee. II. Plankton. G. Fischer Verlag, Stuttgart.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

PESCHEK, E. (1961): Exkursionsvorträge. Beiträge zur Biologie der Salzlacken im Neusiedler-See-Gebiet. Verh. Internat. Verein. Limnol. XIV, 1124–1131.

PETAL, J. (1977): The role of ants in ecosystems. In: BRIAN, M. V. (ed.): Production Ecology of Ants and Termites. Cambridge University Press, 293–325.

PETKOVSKI, S. (1991): On the presence of the genus *Branchinecta* Verrill, 1869 (Crustacea, Anostraca) in Yugoslavia. Hydrobiologia 226, 17–27.

PLATNICK, N. (1997): Advances in Spider Taxonomy 1992–1995. New York Entomological Society, 976 pp.

POLIS, G. A., HURD, S. D., JACKSON, C. T. & SANCHEZ-PINERO, F. (1998): Multifactor population limitation: variable spatial and temporal control of spiders on Gulf of California Islands. Ecology 79, 490–502.

PRIESNER, H. (1968): Studien zur Taxonomie und Faunistik der Pompiliden Österreichs. Teil III. Naturkdl. Jb. Stadt Linz 1968, 125–209.

PRIESNER, H. (1969): Studien zur Taxonomie und Faunistik der Pompiliden Österreichs, Teil IV. Naturkdl. Jb. Stadt Linz 1969, 77–132.

PULKAU-ABWASSERVERBAND (1989): 50 Jahre Pulkau-Wasserverband. Pulkau-Wasserverband, Hadres, 84 pp.

RABITSCH, W. (1999): Neue und seltene Wanzen (Insecta, Heteroptera) aus Wien und Niederösterreich. Linzer Biol. Beitr. 31, 993–1008.

RABITSCH, W. (2005): Heteroptera (Insecta). In: SCHUSTER, R. (ed.): Checklisten der Fauna Österreichs, No. 2, 1–64.

RABITSCH, W. & ZETTEL, H. (2000): Zur Wasserwanzenfauna (Heteroptera: Gerromorpha und Nepomorpha) des nördlichen Österreich. Linzer Biol. Beitr. 32, 1257–1268.

RABITSCH, W. B., DIETRICH, C. O. & GLASER, F. (1999): Rote Liste der Ameisen (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). In: ROTTENBURG, T., WIESER, C., MILDNER, P. & HOLZINGER, W. E. (eds): Rote Listen gefährdeter Tiere Kärntens. Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt, 15, 229–238.

RATTI, E. (2003): Bionomia comparata di una „coppia de specie" di coleotteri carabidi del litorale nordadriatico: *Dicheirotrichus obsoletus* e *D. lacustris* (Coleoptera, Carabidae). Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Venezia 54, 57–63.

RAUER, G. & KOHLER, B. (1990): Schutzgebietspflege durch Beweidung. AGN-Forschungsbericht. Wiss. Arb. Bgld. 82, 221–278.

REDTENBACHER, L. (1874): Fauna Austriaca. Die Käfer. Nach der analytischer Methode bearbeitet, 3. Auflage. 1. Band. Carl Gerold's Sohn, Wien.

REINKE, H.-D. & IRMLER, U. (1994): Die Spinnenfauna (Araneae) Schleswig-Holsteins am Boden und der bodennahen Vegetation. Faun.-Ökol. Mitt. Suppl. 17, 1–148.

REITTER, E. (1908): Fauna Germanica, Die Käfer des Deutschen Reiches I. K. G. Lutz Verlag, Stuttgart.

REMANE, A. & SCHLIEPER, C. (1971): Biology of brackish water, 2nd Edition. Die Binnengewässer 25, 372 pp.

RIEDL, H. (1965): Beiträge zur Morphogenese des Seewinkels. Wiss. Arb. Bgld. 34.

ROBERTS, M. J. (1995): Collins field guide. Spiders of Britain & Northern Europe. Harper Collins, London.

ROCKSTEIN, M. (1974): The physiology of Insecta. Academic Press, New York, London.

RODICZKY, E. von (1896): Das Wieselburger Komitat. In: Die österreichisch-ungarische Monarchie in Wort und Bild. Ungarn (IV. Band), Kaiserl.-königl. Hof- und Staatsdruckerei, Wien, 435–460.

ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. (1996): The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera. Cambridge University Press, 747 pp.

RUEDA, F. & MONTES, C. (1987): Riparian carabids of saline aquatic ecosystems. In: DEN BOER, P. J, LOVEI, G. L., STORK, N. E. & SUNDERLAND, K. D. (eds.): Proceedings of the 6th European Carabidologist's Meeting, held in Balatonalmadi, Hungary, 15–19 September 1986, 247–263.

RUSSLER, D. & MANGOS, J. (1978): Micropuncture studies of the osmoregulation in the nauplius of *Artemia salina*. Amer. J. Physiol. 234, 216–222.

SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. Zool. Jb. Syst. 104, 433–488.

SASSAMAN, C. (1995): Sex determination and evolution of unisexuality in the Conchostraca. Hydrobiologia 198, 45–65.

SAUBERER, N. (1993): Zur Bestandessituation der Feuchtwiesen im Pannonischen Raum. Umweltbundesamt, Reports R-85, Wien, 97 pp.

SAUBERER, N., GRASS, V., WRBKA, E., FRÜHAUF, J. & WURZER, A. (1999): Feuchtwiesen Weinviertel und Wiener Becken. Fachberichte aus dem NÖ. Landschaftsfonds 8, St. Pölten, 48 pp.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

SAUERZOPF, F. (1959a): Wasserbewegung im Neusiedlersee. Wiss. Arb. Bgld. 23.

SAUERZOPF, F. (1959b): Faunistische Notizen aus der „Landschaft Neusiedlersee". In: Landschaft Neusiedlersee. Wiss. Arb. Bgld. 23, 148–154.

SAUERZOPF, F. (1959c): Die Käferwelt des Neusiedlerseegebietes. Wiss. Arb. Bgld. 23, 153–155.

SCANABISSI, F., EDER, E. & CESARI, M. (2005, in press): Male occurrence in Austrian *Triops cancriformis* (Branchiopoda, Notostraca) populations and ultrastructural observations of the male gonad. Invertebrate Biology 124.

SCHAEFER, M. (1972): Ökologische Isolation und die Bedeutung des Konkurrenzfaktors am Beispiel des Verteilungsmusters der Lycosiden einer Küstenlandschaft. Oecologia 9, 171–202.

SCHAEFLEIN, H. (1971): Familie: Dytiscidae, echte Schwimmkäfer. In: FREUDE, H., HARDE, K. W. & LOHSE, G. A. (eds.): Die Käfer Mitteleuropas, Band 3, Goecke & Evers, Krefeld, 16–89.

SCHAGERL, M. & RIEDLER, P. (2006): Die Algengemeinschaft der Salzlacken. BfB-Bericht, in Vorb.

SCHAGERL, M. (1993): Lichtmikroskopische und ultrastrukturelle Untersuchungen an *Neglectella peisonis* spec. nov. – einer planktischen Oocystaceae aus dem Neusiedler See (Österreich). Nova Hedwigia 56, 61–74.

SCHIEMER, F. (1965): Über einige Funde der Gattung *Monhystrella* (Nematoda, Monhysterinae) in binnenländischen, athalassohalinen Salzgewässern. Wiss. Arb. Bgld. 34, 59–66.

SCHIEMER, F. (1978): Verteilung und Systematik der freilebenden Nematoden des Neusiedler Sees. Hydrobiologia 58, 167–194.

SCHILLER, J. (1956): Untersuchungen an den planktischen Protophyten des Neusiedler Sees 1950–1954. III. Teil: Euglenen. Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, 165, 547–583.

SCHIMPER, A. F. W. (1898): Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Verlag Gustav Fischer, Jena.

SCHLICK-STEINER, B. C., STEINER, F. M. & SCHÖDL, S. (2003): Rote Listen ausgewählter Tiergruppen Niederösterreichs – Ameisen (Hymenoptera: Formicidae). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Naturschutz, St. Pölten, 75 pp.

SCHMID, A. (1973): Beiträge zur Ökologie einiger Neusiedlersee-Diatomeen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Salzresistenz. Dissertation, Univ. Wien, 192 pp.

SCHMID-EGGER, C. & WOLF, H. (1992): Die Wegwespen Baden-Württembergs (Hymenoptera, Pompilidae). Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Baden-Württemberg 67, 267–370.

SCHMIDT, G. E. W. (1961): Zur Spinnenfauna des Bad Oldesloer Salzmoors (Brenner Moor). Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. 32, 49–55.

SCHMIDT, G. H. (1987): Nachtrag zur biotopmäßigen Verbreitung der Orthopteren des Neusiedlersee-Gebietes mit einem Vergleich zur ungarischen Puszta. Burgenländische Heimatblätter 49, 157–182.

SCHMIDT, G. H. & DEVKOTA, B. (1989): Zwei neue Orthopteren-Arten für das Burgenland: *Barbitistes serricauda* (F.) und *Tetrix austriaca* n. sp. Burgenländische Heimatblätter 51, 160–171.

SCHMIDT, G. H. & SCHACH, G. (1978): Biotopmäßige Verteilung, Vergesellschaftung und Stridulation der Saltatorien in der Umgebung des Neusiedlersees. Zoologische Beiträge N. F. 24, 201–308.

SCHMIDT, R. & DOKULIL, M. (eds., 2002): Effects of industrial tailings on the ecological integrity of a deep oligotrophic lake (Traunsee, Austria). Water, air and soil pollution 2.

SCHMIDT-NIELSEN, B. (1974): Osmoregulation: effect of salinity and heavy metals. Federation Proceedings 33, 2137–2146.

SCHMITZ, W. (1959): Zur Frage der Klassifikation der binnenländischen Brackwässer. Estrato dall´Archivo di Oceanografia e Limnologia XI Suppl., 179–226.

SCHMÖLZER, K. (1974): Ordnung: Isopoda. Catalogus Faunae Austriae VIII e, 1–16.

SCHNITTER, P. & CIUPA, W. (2001): Binnenlandsalzstellen in Sachsen-Anhalt – Lebensräume für eine bemerkenswerte Laufkäferfauna (Coleoptera, Carabidae). Vortrag auf der Tagung der Fachgruppe Faunistik und Ökologie Staßfurt am 14. September 2001 in Staßfurt. halophila Mitteilungsblatt 43, www.halophila.de.

SCHÖDL, S. (1991): Revision der Gattung *Berosus* LEACH. 1. Teil: Die paläarktischen Arten der Untergattung *Enoplurus* (Coleoptera: Hydrophilidae). Koloept. Rundschau 61, 111–135.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

SCHÖNBRUNNER, I. & E. EDER (2006, in Druck): pH-related hatching success of *Triops cancriformis* (Crustacea: Branchiopoda: Notostraca). Hydrobiologia.

SCHUBART, O. (1926): Die Diplopodenfauna des Oldesloer Salzgebietes (Über Diplopoden Nr. 2). Mitt. geogr. Ges. u. naturh. Mus. Lübeck, 2. Reihe 31, 34–58.

SCHULTZ, R. & MÜLLER-MOTZFELD, G. (1995): Faunistisch-ökologische Untersuchungen auf Salzstandorten bei Greifswald. Z. Ökologie u. Naturschutz 4, 9–19.

SCHULZE, E.-D., BECK, E. & MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (2002): Pflanzenökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 846 pp.

SCHUSTER, B. (1982): Wo der Ziesel pfeift. Naturmagazin draußen 21, 82–95.

SCHWARZ, M. & GUSENLEITNER, F. (1997): Neue und ausgewählte Bienenarten für Österreich. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs (Hymenoptera, Apidae). Entomofauna 18, 301–372.

SCHWARZ, M., GUSENLEITNER, F. & MAZZUCCO, K. (1999): Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs III (Hymenoptera, Apidae). Entomofauna 20, 461–524.

SCHWEIGER, H. (1990): Interessante Käferfunde im Neusiedler See-Gebiet. BfB-Bericht 74, 147–154.

SCHWERDTFEGER, F. (1977): Autökologie. Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie. G. Fischer Verlag, Jena, 387 pp.

SCIAKY, R. (1979): Gli *Anisodactylus* italiani, con riferimento alle altre specie mediterranee (III contributo alla conoscenza dei Coleoptera Carabidae). Mem. Soc. ent. ital. 57, 3–18.

SCUDDER, G. G. E. (1976): Water-boatmen of saline waters (Hemiptera: Corixidae). In: CHENG, L. (ed.): Marine Insects, North-Holland Publ. Comp., 263–289.

SEIFERT, B. (1988): A revision of the European species of the ant subgenus *Chthonolasius* (Insecta, Hymenoptera, Formicidae). Entomol. Abh. Mus. Tierkd. Dresden 51, 143–180.

SEIFERT, B. (1996): Ameisen: beobachten, bestimmen. Naturbuch Verlag, Augsburg, 352 pp.

SEIFERT, B. (1997a): *Formica lusatica* n. sp. – a sympatric sibling species of *Formica cunicularia* and *Formica rufibarbis* (Hymenoptera, Formicidae). Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 69, 3–16.

SEIFERT, B. (1997b): *Lasius nitidigaster* n. sp. – a new ant of the sugenus *Chthonolasius* Ruzsky (Hymenoptera: Formicidae). Ann. Zool. 46, 201–205.

SEITZ, A. (1942): Die Brutvögel des Seewinkels. Niederdonau/Natur und Kultur 12, 1–52.

SIMBERLOFF, D. (1998): Flagship, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? Biol. Conserv. 83, 247–257.

SIMONSEN, R. (1962): Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. Internat. Rev. Ges. Hydrobiol. Syst. Beih. 1: 1–144.

SITTE, P, WEILER, E. W., KADEREIT, J. W., BRESINSKY, A. & KÖRNER, Ch. (2002): STRASBURGER Lehrbuch der Botanik, 35. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 1123 pp.

SKODA, G. & LORENZ, P. (2003): Mittlere Jahresniederschlagshöhe. In: BMLFUW (ed.): Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung. Kartentafel 2.2. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

SOMMER, U. (1998): Biologische Meereskunde. Springer Verlag, Berlin, 475 pp.

SPARMBERG, H., APFEL, W., BELLSTEDT, R. & HARTMANN, M. (1997): Die Käferfauna ausgewählter naturnaher und anthropogener Binnensalzstellen Nord- und Mittelthüringens (Insecta: Coleoptera). Veröff. Naturkundemus. Erfurt 1997, 78–137.

SPLETT, G. (2000): Erfolgskontrollen bei integrativen Naturschutzprojekten. Natur und Landschaft 75, 10–16.

STEBBINGS, R.E. (1971): Some ecological observations on the fauna in a tidal marsh to woodland transition. Proc. Trans. Brit. Entom. Soc. 4, 83–88.

STEINER, K.-H. (1994): Hydrogeologische Untersuchungen zur Beurteilung des Wasserhaushaltes ausgewählter Salzlacken im Seewinkel (Burgenland). Diplomarbeit, Univ. Wien.

STUNDL, K. (1949): Wasser und Plankton der Zicklacken im Seewinkel am Ostufer des Neusiedlersees. Burgenländische Heimatblätter 11, 1–12.

SUPPER, G. & FALLY, J. (1993): Der Landschaftswandel im Seewinkel: Die Veränderung der Lacken zwischen 1945 und 1989. Aktuell. Zeitschr. d. Naturschutzbund Landesgruppe Burgenland 8.

SUTHERLAND, W. J. (2000): The conservation handbook. Research, management and policy. Blackwell, Oxford.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

TANÁCS, L. & JÓZAN, Z. (1986): The Apoidea (Hymenoptera) Fauna of the Kiskunság National Park. In: MAHUNKA, S. (ed.): The Fauna of the Kiskunság National Park, Vol. I, Akadémiai Kiadó Budapest, 401–425.

TAUBER, A. F. (1959): Geologische Stratigraphie und Geschichte des Neusiedlerseegebietes. Wiss. Arb. Bgld. 23.

TESCHNER, M. (1995): Effects of salinity on the life history and fitness of *Daphnia magna*: variability within and between populations. Hydrobiologia 307, 33–41.

THALER, K. & BUCHAR, J. (1994): Die Wolfsspinnen von Österreich 1: Gattungen *Acantholycosa*, *Alopecosa*, *Lycosa* (Arachnida, Araneida: Lycosidae) – Faunistisch-tiergeographische Übersicht. Carinthia II 184/104, 357–375.

THALER, K. & STEINER, H. M. (1975): Winteraktive Spinnen auf einem Acker in Großenzersdorf. Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 48, 184–187.

THENIUS, E. (2000): Lebende Fossilien: Oldtimer der Pflanzen- und Tierwelt, Zeugen der Vorzeit. Verlag Pfeil, München.

TIMMS, B. V., HAMMER, U. T. & SHEARD, J. W. (1986): A study of benthic communities in some saline lakes in Saskatchewan and Alberta, Canada. Int. Revue ges. Hydrobiol. 71, 759–777.

TKANY, W. (1852): Schilderung der Flora des Tscheitscher Sees in Mähren. Mitt. Mähr.-Schles. Ges. Beförderung Ackerbaues Natur- und Landesk. Brünn 1852/2, 150.

TOFT, S. (1989): Aspects of the ground-living spider fauna of two barley fields in Denmark: species richness and phenological synchronization. Ent. Meddr. 57, 157–168.

TONGIORGI, P. (1966): Italian wolf spiders of the genus *Pardosa* (Araneae, Lycosidae). Bull. Mus. Comp. Zool. 134, 275–334.

TRUMLER, E. (1947): Die Käferwelt der Salzbiotope des Neusiedler Sees. Umwelt, Zeitschrift der Biologischen Station Wilhelminenberg 6, 248–251.

TUDORANCEA, C., BAXTER, R. M. & FERNANDO, C. H. (1989): A comparative limnological study of zoobenthic associations in lakes of the Ethiopian Rift Valley. Arch. Hydrobiol. Suppl. 83, 121–174.

TÜMPLING, W. & FRIEDRICH, G. (eds., 1999). Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung, Band 2, Biologische Gewässeruntersuchung. G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York, 545 pp.

TYERMAN, S. D. (1989): Solute and Water Relations of Seagrasses. In: LARKUM, A. W. D., McCOMB, A. J. & SHEPHERD, S. A. (eds.): Biology of Seagrasses, Chapter 21. Aquatic Plant Studies 2, Elsevier, 723–759.

VAN DEN HOEK, C., MANN, D. G. & JAHNS, H. M. (1995): Algae – An introduction to phycology. Cambridge University Press, 623 pp.

VAN WINGERDEN, W. K. R. E. (1973): Dynamik einer Population von *Erigone arctica* White (Araneae, Microphantidae). Prozesse der Natalität. Faun. Ökol. Mitt. 4, 207–222.

VANDEL, A. (1960): Isopodes terrestres. Première partie. Faune de France 64, Librairie de la Faculté des Sciences, Paris.

VERDIER, P. & QUEZEL, P. (1951): Les populations des Carabiques dans le region littorale languedocienne. Leurs rapports avec le sol et la coverture vegetale. Vie et Milieu 2, 69–94.

VERDONSCHOT, P. F. M., SMIES, M. & SEPERS, A. B. J. (1982): The distribution of aquatic oligochaetes in brackish inland waters in the SW Netherlands. Hydrobiologia 89, 29–38.

VERHOEFF, K. W. (1900): Wandernde Doppelfüßler, Eisenbahnzüge hemmend. Zool. Anz. 23, 465–473.

VERLAG ED. HÖLZEL (1973): Österreichischer Atlas für Höhere Schulen. (Konzenn-Atlas). 100. Auflage. Wien.

VICHEREK, J. (1973): Die Pflanzengesellschaften der Halophyten- und Subhalophytenvegetation der Tschechoslowakei. Vegetace ČSSR, ser. A, 5, 1–200, Academia, Praha.

VON LENGERKEN, H. (1929): Die Salzkäfer der Nord- und Ostseeküste mit Berücksichtigung der angrenzenden Meere sowie des Mittelmeeres, des Schwarzen und des Kaspischen Meeres. Z. wiss. Zool. 135, 1–162.

VRANKEN, G., VINCX, M. & THIELEMANS, L. (1982): The description of *Monhystrella parelegantula* (De Coninck) (Nematoda, Monhysteridae), a free-living nematode species new for the Belgian coastal fauna. Biol. Jb. Dodonaea 50, 93–103.

WAGNER, E. (1941): *Conostethus hungaricus* n. sp. (Hemipt. Heteropt. Miridae). Mitt. Dtsch. Entomol. Gesell. 10, 76–80.

WAGNER, E. (1965): Über einige bemerkenswerte Heteropteren aus dem Gebiet des Neusiedlersees. Wiss. Arb. Bgld. 32, 116–124.

WAGNER, H. & WENDELBERGER, G. (1956): Umgebung von Wien. Angew. Pflanzensoziologie 16, 73–108.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

WAGNER, W. & FRANZ, H. (1961): Überfamilie Auchenorrhyncha (Zikaden). In: FRANZ, H. (ed.): Die Nordostalpen im Spiegel ihrer Landtierwelt 2, 74–158.

WAIS, A. (1994): Ernährungsbiologie des Brachsen (*Abramis brama* (L.)) im Neusiedler See. Diplomarbeit, Univ. Wien, 69 pp.

WALOßEK, D. (1993): The Upper Cambrian *Rehbachiella* and the phylogeny of Branchiopoda and Crustacea. Fossils & Strata 32, 1–202.

WARNCKE, K. (1972): Westpaläarktische Bienen der Unterfamilie Panurginae (Hym., Apidae). Polsk. Pism. Ent. 42, 53–108.

WARNCKE, K. (1976): Zur Systematik und Verbreitung der Bienengattung *Nomia* Latr. In der Westpaläarktis und dem turkestanischen Becken (Hymenoptera, Apoidea). Reichenbachia 16, 93–120.

WARNCKE, K. (1979): Beitrag zur Bienenfauna des Iran 7. Die Gattung *Nomia* Latr. Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Venezia 30, 167–172.

WARNCKE, K. (1986): Die Wildbienen Mitteleuropas, ihre gültigen Namen und ihre Verbreitung (Insecta: Hymenoptera). Entomofauna Suppl. 3, 128 pp.

WEBER, H. E. (1987): Das Dänische Löffelkraut (*Cochlearia danica* L.) dringt neuerdings ins Binnenland vor. Natur und Heimat 47, 81–86.

WEISS, I. & SCHNEIDER, E. (1996): Erstbeschreibung des Weibchens von *Dactylipistehs digiticeps* (Simon, 1881). Ann. Naturhist. Mus. Wien 98 B, 111–116.

WEISS, I. & ANDRIESCU, I. (1989): Das Weibchen von *Robertus heydemanni* Wiehle 1965 (Arachnida: Araneae: Theriddidae). Senckenberg. biol. 69, 77–81.

WENDELBERGER, G. (1943): Die Salzpflanzengesellschaften des Neusiedler Sees. Wr. Bot. Zschr. 92, 124–143.

WENDELBERGER, G. (1950): Zur Soziologie der kontinentalen Halophytenvegetation Mitteleuropas. Unter besonderer Berücksichtigung der Salzpflanzengesellschaften am Neusiedler See. Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. wiss. Kl. 108, 5–165.

WENDELBERGER, G. (1951): Zur Soziologie der kontinentalen Halophytenvegetation Mitteleuropas unter besonderer Berücksichtigung der Salzpflanzengesellschaften am Neusiedlersee. Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. wiss. Kl. 108, 180 pp.

WENDELBERGER, G. (1954): Steppen, Trockenrasen und Wälder des pannonischen Raumes. Angew. Pflanzensoziologie, Festschrift Aichinger, pp. 573–634.

WENDELBERGER, G. (1964): Sand- und Alkalisteppen im Marchfeld. Jahrbuch für Landeskunde von Niederösterreich 36, 942–964.

WENZL, H. (1934): Bodenbakteriologische Untersuchungen auf pflanzensoziologischer Grundlage I. Beih. Bot. Centralbl. Dresden, 52, 73–147.

WERNER, F. (1932): Die Orthopteren (Geradflügler) des nördlichen Burgenlandes. Burgenländische Heimatblätter 1–2, 103–106.

WETZEL, R. G. (2001): Limnology. 3rd Edition, Academic Press, San Diego, 1006 pp.

WICHARD, W. (1975): Zur osmoregulatorischen Anpassung von Wasserinsekten im Neusiedlersee-Gebiet. Nachr.bl. Bayr. Ent. 24, 81–87.

WIESBAUER, H. & MAZZUCCO, K. (1997): Dünen in Niederösterreich. Fachber. NÖ. Landschaftsfonds 6/98. Amt der NÖ. Landesreg./Naturschutzabt., St. Pölten, 90 pp.

WIESNER, J. (1854): Excursion in die Umgebung von Tscheitsch in Mähren. Österr. Bot. Wochenbl. 4, 329–331.

WIGGINS, G. B., MACKAY, R. J. & SMITH, I. M. (1980): Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. Arch. Hydrobiol./Suppl. 58, 97–206.

WILLIAMS, W. D. (1996): The largest, highest and lowest lakes of the world: Saline lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26, 61–79.

WINKLER, H. (1980): Kiemenfüße *(Branchinecta orientalis)* als Limikolennahrung im Seewinkel. Egretta 23, 60-61.

WINTER, U. & KIRST, G. O. (1991): Patial turgor pressure regulation in *Chara canescens* and its implications for a generalized hypothesis of salinity response in charophytes. Botanica Acta 104, 37–46.

WISE, D. H. (1984): The role of competition in spider communities: insights from field experiments with a model organism. In: STRONG, D. R., SIMBERLOFF, D., ABELE, L. G. & THISTLE, A. B. (eds.): Ecological communities: conceptual issues and evidence. Princeton University press, Princeton.

WISE, D. H. (1993): Spiders in ecological webs. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, New York, 328 pp.

WOLFERT, A. (1914): Zur Vegetationsform der Ufer, Sümpfe und Wässer der niederösterreichisch-ungarischen March. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien.

WOLFF, A. & DEBUSSCHE, M. (1999): Ants as seed dispersers in a Mediterranean old-field succession. Oikos 84, 443–452.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

WOLFRAM, G. & GROßSCHARTNER, M. (2006): Das Zoobenthos der Salzlacken des Seewinkels. BfB-Bericht, in Vorb.

WOLFRAM, G., DONABAUM, K., SCHAGERL, M. & KOWARC, V. A. (1999): The zoobenthic community of shallow salt pans in Austria – preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates. Hydrobiologia 408/409, 193–202.

WOLFRAM, G., SCHAGERL, M., DONABAUM, K. & RIEDLER, P., (2004): Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Verteilung benthischer Evertebraten in den Salzlacken des Seewinkels und ihre Rolle als Nahrungsgrundlage für Wasservögel. Teil I: Abiotische Charakterisierung. Studie im Auftrag des Nationalparks Neusiedler See – Seewinkel, 107 pp.

ZEHM, A. (2001): Zur Dynamisierung einer Hudelandschaft durch die Gelbe Wiesenameise *Lasius flavus* (Hymenoptera: Formicidae). Ameisenschutz aktuell 15, 41–44.

ZETTEL, H. (1993): Die Käferfauna der niederösterreichischen Marchauen. 1. Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae). Koleopterol. Rundsch. 63, 19–37.

ZIEMANN, H. (1971): Die Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeenflora als Grundlage für eine biologische Analyse und Klassifikation der Binnengewässer. Limnologica 8, 505–525.

ZIMMERMANN, R. (1979): Der Einfluß des kontrollierten Brennens auf Esparsetten-Halbtrockenrasen und Folgegesellschaften im Kaiserstuhl. Phytocoenologia 5, 447–524.

ZOUFAL, W., MIKSCHI, E. & HERZIG, A. (1989). Beiträge zur Rotatorienfauna des Seewinkels. BfB-Bericht 71, 177–186.

ZULKA, K. P. & MILASOWSZKY, N. (1998): Conservation problems in the Neusiedler See-Seewinkel National Park, Austria: an arachnological perspective. In: SELDEN, P. A. (ed.): Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1977. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks, 331–336.

ZULKA, K. P. (1992): Myriapods from a Central European river floodplain. In: MEYER, E., THALER, K. & SCHEDL, W. (eds.): Advances in Myriapodology. Proc. 8th Int. Congr. Myriapodology. Ber. nat.-med. Verein Innsbruck Suppl. 10, 189 pp.

ZULKA, K. P. (1999): Terrestrische Arthropoden. In: Fließende Grenzen. Lebensraum March-Thaya-Auen. Umweltbundesamt, Wien, 259–271.

ZULKA, K. P. (2001): *Dactylopisthes digiticeps* (Simon, 1881) (Araneae, Linyphiidae) in Niederösterreich. Beitr. Entomof. 2, 123–124.

ZULKA, K. P., EDER, E., HÖTTINGER, H. & E. WEIGAND (2001): Grundlagen zur Fortschreibung der Roten Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Umweltbundesamt, Monographien M-135, Wien, 85 pp.

ZULKA, K. P., MILASOWSZKY, N. & LETHMAYER, C. (1997): Spider biodiversity potential of an ungrazed and a grazed inland salt meadow in the National Park „Neusiedler See-Seewinkel" (Austria): implications for management (Arachnida: Araneae). Biodiv. Conserv. 6, 75–88.