

Naturjuwele im Burgenland

Steppen, Salz und Streuobstwiesen

Lebensraum Seewinkel – salzreiche Landschaft

Mit ihren Salzsteppen und flachen Salzlacken mutet die Ebene des Seewinkels im östlichen Mitteleuropa und als westlichster Teil der Kleinen Ungarischen Tiefebene fremdländisch an. Das Verständnis für diese Landschaft ist ohne kurzen Blick in die erdgeschichtliche Vergangenheit kaum möglich. Ihre Eigentümlichkeiten, insbesondere die Salzlacken und Salzböden, stehen in engem Zusammenhang mit der alpidischen Gebirgsaufaltung und dem damit verbundenen Schicksal des tertiären Meeres sowie letztlich mit der eiszeitlichen Donau und ihren angelieferten Schottern.

Roland Albert

Salzlacken und Salzböden

Herkunft und Bildung der Salzlacken, deren Tiefe in der Regel nur wenige Dezimeter beträgt, sind bis heute nicht in allen Einzelheiten geklärt. Als gesichert gilt, dass Genese und Alter uneinheitlich sind: die Lacken im westlichen Seewinkel werden als abgeschnürte Abkömmlinge des nacheiszeitlich ausgedehnteren Neusiedler Sees gesehen, deren Verbindung zum Hauptbecken durch die Anschüttung des Seedamms unterbrochen wurde. An der Bildung dieses nord-süd verlaufenden Sandwalls dürften auch die enormen Schubkräfte der regelmäßigen Eisstöße mit beteiligt gewesen sein. Jedenfalls sind Lacken und Seedamm vergleichsweise jung, wie auch prähistorische Funde von römischen Tonscherben am Dammboden belegen.

Gänzlich anderer Herkunft sind die viel älteren zentralen und östlichen Lacken. Hier gibt es zwei Deutungen: Eine geht davon aus, dass es während der letzten Eiszeit in der flachen Landschaft vielfach zu Wasseransammlungen kam, die nicht abfließen konnten – das Neusiedler-See-Becken gab es damals noch nicht. Die Wasseransammlungen gefroren zu riesigen Eislinsen (Pingos), die eine Aufschotterung durch die Donau verhinderten, wie das weitgehende Fehlen von Kies- und Schotterauflagen im zentralen Teil des Seewinkels tatsächlich beweist. Nach dem Abschmelzen dieser Eislinsen blieben die Lackenmulden zurück. Diesem Modell der „kryogenen Seenbildung“ wurde die Vorstellung entgegengehalten, die Mulden in der Landschaft wären das Ergebnis von Absenkungsvorgängen im Untergrund im Zusammenhang mit Vertikalbewegungen entlang geologischer Bruchzonen am Rande der Kleinen Ungarischen Tiefebene. Diese Lacken haben somit ein Alter, das jenes des Neusiedler Sees weit übertrifft, da dessen Becken sich erst zwischen ca. 20 000 und 10 000 Jahren v. Chr. absenkte und mit Wasser füllte.

Hydrologische Untersuchungen haben nun gezeigt, dass die Lacken je nach Dichte des Sediments, Höhe des Grundwasserstands und Höhe des Wasserspiegels unterschiedlich stark mit dem Grundwasser in Verbindung und Austausch stehen. Es gibt

aber auch sehr flache Lacken, die ausschließlich von Regenwasser gespeist werden, nach unten durch tonreiche Sperrschichten hermetisch abgedichtet sind und in niederschlagsarmen Jahren regelmäßig austrocknen. Tiefere Lacken – wie auch der Neusiedler See selbst – haben permanenten Grundwasserkontakt. Beides – Grundwasseranschluss sowie abdichtende, tonhältige Sedimente – ist von entscheidender Bedeutung für den Salzhaushalt der Lacken. Einerseits wird die Zufuhr von salzhaltigem Grundwasser ermöglicht, andererseits halten die Tonschichten das herauftransportierte Salz in den Lacken zurück.

Damit müssen wir uns nach der Herkunft der Salze fragen, die Lacken und Böden im Seewinkel in einer für Mitteleuropa einzigartigen Weise exotisch geprägt haben.

Folgende Rahmenbedingungen waren dafür notwendig:

- salzhaltige Meeresablagerungen, die die Parathetis, ein riesiges tertiäres Binnenmeer, das von den Alpen bis in die Gegend des heutigen Aralsees reichte, hinterließ, als sie sich vor ca. 3 Mio. Jahren aus der Kleinen Ungarischen Tiefebene zurückzog;
- tektonische Bewegungen, die mit Bruch- und Senkungsvorgängen verbunden waren, sorgten für die Bildung von Bruchlinien. Ausgepresst durch die Sedimentlast stiegen Tiefenwässer, die Salze aus den Meeresablagerungen lösten, entlang solcher Bruchliniensysteme hoch und kontaminierten das Grundwasser. Die zahlreichen artesischen Brunnen im Seewinkel – einer der bedeutendsten ist die Bartholomäus-Quelle in Illmitz – beweisen, dass diese Salzzufuhr nach wie vor anhält;
- die emporsteigenden, mitgeführten Salze setzten sich in den obersten Bodenschichten fest, insbesondere wenn diese reich an Feinsedimenten waren, bzw. reicherten sich in den abflusslosen Lacken über wasserundurchlässigen Tonen an. Alle feinkörnigen Substrate mit großer innerer Oberfläche, wie Tone und Lehm, haben die Eigenschaft, Salzionen adsorptiv zu binden. Da Natrium auf Tonkolloide stark quellend wirkt, kommt es dadurch zu einer besonders effizienten Abdichtung der Feinsedimentschichten;
- schließlich ist auch das trockenwarme pannonische Klima mit im Spiel, da längere Trockenperioden dafür sorgen, dass das salzhaltige Grundwasser kapillar aufsteigt und die oberflächliche Salzakkumulation im Lackenbereich sowie auf den typischen Solontschakböden (siehe unten) fördert. Sichtbares Zeichen dieses klimatischen Beitrages sind die typischen Salzausblühungen (Sodaschnee). Wichtig ist aber festzuhalten, dass das semihumide Übergangsklima im Osten Österreichs alleine nicht ausreichen würde, eine Boden- oder Lackenversalzung einzuleiten, so wie dies für Salztonpfannen oder Salzseen in ariden und semiariden Regionen gilt. Ohne tektonischen Salznachschub würden Böden und Lacken in unserem Klima allmählich ausgewaschen werden und schließlich aussüßen.

Die Genese der salzhaltigen Lacken und Böden ist also unmittelbar miteinander verknüpft, wofür auch der ähnliche Chemismus in beiden Medien spricht. In deutlichem Gegensatz zu Meeresküsten, wo ausschließlich Kochsalz (NaCl) vorhanden ist, spielen in den Böden und Lacken des Seewinkels Soda (Natriumkarbonat / Na_2CO_3 und Natriumhydrogenkarbonat / NaHCO_3) als Hauptbestandteile die prägende Rolle, was sich auch in sehr hoher Alkalinität der Lacken und Böden widerspiegelt. Man spricht daher auch von Alkali- oder Sodaböden bzw. von Sodalacken, wobei pH-Werte über 10 keine Seltenheit sind. Neben Soda und Kochsalz enthalten unsere Salzlebensräume auch Glaubersalz (Natriumsulfat – Na_2SO_4), selten auch etwas Bittersalz (Magnesiumsulfat – MgSO_4), wobei die Mischungsverhältnisse der genannten Salze in Böden wie in Lacken, aber auch in den mineralischen Wässern der artesischen Brunnen, stark variieren können. Wenn im Text von „Salz“ die Rede ist, so bezieht sich dies stets auf diese typische Salzmischung, keineswegs nur auf Kochsalz.

Die gegenüber maritimen Salzstandorten vielfältigere und regional wechselnde Salzqualität unserer binnenländischen Salzstandorte kann mehrere Ursachen haben: Sulfathaltige Salze könnten aus der Verwitterung schwefelhaltiger pyritreicher Gesteine des Untergrundes oder aus schwefelreichen organischen Sedimenten nach bakteriellen Umsetzungen herkommen; Glaubersalz kann seinerseits in kalkreichem Milieu Ausgangsprodukt für Soda sein. Eine Differenzierung von Salzen könnte auch schon im Zuge der Austrocknung der Parathetis eingetreten sein. Wie von austrocknenden rezenten Salzseen aus Zentralasien bekannt, kommt es in sehr flachen Buchten entsprechend der unterschiedlichen Löslichkeit zu einer sukzessiven Ausfällung der einzelnen Komponenten. Der schwer lösliche Kalk (CaCO_3) fällt zuerst aus, gefolgt von Gips (CaSO_4), Bittersalz, Glaubersalz und Soda. Zuletzt fällt das besonders gut wasserlösliche Kochsalz aus. Im Zuge tektonischer Störungen könnte es in der Folge dann zu entsprechenden Durchmischungen gekommen sein.

Salzlacken

Für die Lacken ergibt sich eine Gruppierung in drei chemisch unterschiedliche Typen: Eine zentrale, stark alkalische Gruppe um die Birnbaumlacke zählt mit den ungarischen Sodaseen zu den am stärksten alkalischen Seen in ganz Europa, diese kommt damit den ostanatolischen Sodaseen durchaus nahe! Früher wurde hier sogar Soda gewonnen; daneben gibt es Chloridgewässer im Westen (Albersee, Stinkerseen) und Sulfatgewässer im Südwesten (Herrensee). Es ist keine Seltenheit, dass in trockenen, regenarmen Sommern aufgrund von Verdunstungspfannen-Effekten die Salzkonzentration (besser „Gesamt-Ionenkonzentration“) in den Lacken über diejenige des Meerwassers ansteigt.



Abb. 101: Der Illmitzer Zicksee – eine der schönsten Lacken im Seewinkel im herbstlichen Kleid. Die lila Flächen der Salzafter / *Tripolium (Aster) pannonicum* kontrastieren mit den braunroten Färbungen der Großen Salzmelde / *Suaeda pannonica* und den weißen Salzausblühungen.

Zum hohen Mineralstoffionengehalt kommt noch, dass der wichtige Pflanzen-nährstoff Phosphat in den Salzlacken gegenüber sonstigen, „normalen“ Oberflächenwässern relativ reichlich vorhanden ist und keinen Mangelfaktor darstellt. Auch organische Stickstoff-Verbindungen sind stets nachweisbar, sodass die Salzlacken eher nährstoffreiche Gewässer darstellen. Zudem sorgen die häufigen Windereignisse in der Ebene für eine ständige Durchmischung der Wasserkörper, die dadurch eine milchig-weiße Trübung erfahren, besonders über tonigem Untergrund („weiße Lacken“). In Lacken über grobkörnigen Sedimenten treten dagegen braun gefärbte gelöste Huminstoffe mehr in Erscheinung („schwarze Lacken“).

Es verwundert nicht, dass diese breite Palette an unterschiedlichen, z. T. extremen chemischen und physikalischen Rahmenbedingungen die Entwicklung entsprechend mannigfaltiger und für ganz Österreich einzigartiger Lebensgemeinschaften in den Lacken gefördert hat. Augenmerk verdienen zunächst die grünen Algenwatten, die sich in manchen Lacken im späten Frühjahr entwickeln und große, zusammenhängende Flächen bilden. Mit Rückgang des Wasserspiegels im Sommer trocknen diese Bestände aus und weisen dann eine verfilzte, papierähnliche Struktur auf. Dieses so genannte „Meteorpapier“ schützt den Lackenboden und die im Schlamm lebenden Organismen vor Austrocknung. An Algengruppen mit mikroskopisch kleinen Vertretern beherbergen die Sodalacken Blaualgen / *Cyanobakterien* und Kieselalgen / *Diatomeen* mit einer Fülle von Raritäten, unter denen sich auch einige endemische Formen finden, die also ausschließlich in den Seewinkel-Lacken vorkommen. Als submers lebende größere Pflanzen (Makrophyten) findet sich neben der hübschen Armleuchteralge / *Chara canescens* mit Massenaufreten im Unterstinkersee als Besonderheit noch das Plattensee-Laichkraut / *Potamogeton pectinatus subsp. balatonicus*, das weltweit in salinen Gewässern auftritt.

An Tieren im Freiwasser der Lacken sind vor allem die Rädertiere / *Rotatoria* und sehr auffallende Kleinkrebse zu erwähnen. Die beiden hauptsächlich vorkommenden Gattungen der erstgenannten Tiergruppe, *Brachionus plicatilis* und *Hexarthra jenkiniae*, sind typisch für salzreiche Seen und Tümpel, auch weit außerhalb unse-

res Gebiets, etwa in ostafrikanischen oder zentralasiatischen Salzseen. Selbst mikroskopisch klein, ernähren sich die tonnenförmigen Tiere durch Heranstrudeln kleinster Nahrungspartikel mittels eines bewimperten speziellen Räderorgans.

Eine der Leitarten der planktontisch lebenden Kleinkrebse ist der Sodaspezialist *Arctodiaptomus spinosus*, ein rot gefärbter Hüpferling, der für viele Watvögel eine wichtige Nahrungsgrundlage darstellt. Wie auch unsere auffälligsten salzbewohnenden Pflanzen, etwa Salzmelde und Salz-Kresse, sind diese Tiere an die Standortverhältnisse so gut angepasst, dass ihre Entwicklung in Anwesenheit von Salz bzw. Soda sogar beschleunigt wird. Noch bemerkenswerter aber ist das Vorkommen sogenannter „Urzeitkrebse“. Es sind dies besonders altertümliche, relativ große Formen (bis zu 7 cm), denen fossile Arten zugerechnet werden, die bereits vor mehr als 220 Mio. Jahren in fast unveränderter Gestalt gelebt haben, sodass sie zu Recht auch das Attribut „lebende Fossilien“ tragen. Unter dem wissenschaftlichen Namen *Branchiopoda* (Kiemenfüßer) fasst man heute drei Gruppen von sehr unterschiedlich gebauten Urzeitkrebsen zusammen: die *Anostraca* (Feenkrebse), *Notostraca* (Rückenschaler) und die *Conchostraca* (Muschelschaler). Angehörige aller drei Gruppen gibt es in Seewinkel-Lacken. Manche der Urzeitkrebse sind auch typische Bewohner von nicht salzhaltigen, nur kurze Zeit mit Wasser gefüllten Tümpeln (etwa im Marchfeld). Sie überleben durch extrem rasche Entwicklung und Bildung diverser Dauerstadien, die viele Jahre am Leben bleiben können. Auffällige Vertreter der auf dem Rücken schwimmenden „Feenkrebse“ sind die Arten *Branchinecta orientalis* und *Branchinecta ferox*, dazu noch *Branchipus schaefferi*, der mehr im Wasser überfluteter Hutweiden denn in Lacken auftritt. Wie der oben erwähnte rot gefärbte Hüpferling sind auch diese Tiere Indikatorarten alkalischer Steppenseen. Ihre zahlreichen spezialisierten Filterbeine dienen als Ansaugvorrichtung für Nahrungspartikel und zur Fortbewegung. Ihr Vorkommen in den flachen Salzlacken verdanken diese wundersamen Tiere dem Umstand, dass Fische als Räuber fehlen. Sie bezahlen ihre Existenz allerdings damit, dass sie durch ihr regelmäßiges Massenauftreten ein wichtiger Bestandteil des Speiseplans mancher Zugvögel sind. *Triops cancriformis* aus der Gruppe der Rückenschaler sieht besonders urtümlich aus, im Seewinkel kommt er vereinzelt in

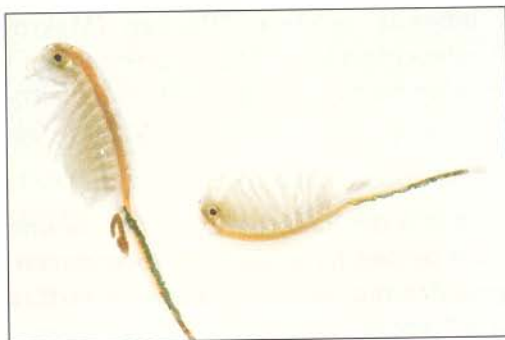


Abb. 102: Der „Feenkrebs“ *Branchinecta orientalis* ist ein typischer Bewohner alkalischer Steppenseen und eine wichtige Nahrungsquelle für Watvögel. In den Salzlacken des Seewinkels erreicht er die Westgrenze seiner Verbreitung.

überschwemmten Ackersutten vor. Seine Vorfahren hatten schon vor 220 Mio. Jahren, als die ersten Saurier auftauchten, dasselbe Aussehen, sie waren nur etwas kleiner. Der mit einem flachen Rückenpanzer versehene Kleinkrebs gilt als älteste noch lebende Tierart. Als Besonderheit besitzt Triops ein osmotisches Organ zur Messung des Salzgehaltes der Umgebung, das wie ein drittes Auge aussieht (vgl. den Namen „Triops“ – „Dreiauge“!). Je nach Gesamtsalzgehalt des Mediums wird die Hämolymphe des Tieres verändert, um den osmotischen Ausgleich herzustellen. Schließlich kommt auch ein Vertreter der dritten und stammesgeschichtlich ältesten Gruppe der Urzeitkrebse, der Muschelschaler, im Seewinkel vor.

Alle genannten Tiere oder nächst verwandte Formen besiedeln – oft weltweit – salzreiche Gewässer, aber auch kurzzeitig wasserführende Tümpel, so genannte astatische Gewässer. Nur in derartigen Extremlebensräumen, wo der Druck durch Konkurrenten oder Räuber wegfällt, die diese Standortsbedingungen nicht ertragen, konnten sich diese seltsamen Geschöpfe so lange halten.

Salzböden

Die terrestrischen Salzlebensräume sind durch zwei Bodentypen charakterisiert: Die mit Salz imprägnierten Tonschichten durchziehen als salzführender Horizont („Akkumulationshorizont“), der immer wieder von Sedimenten zugeschüttet ist, mosaikartig die Landschaft. Wo er in niveaumäßig tiefen Bereichen zu Tage tritt und die Oberkante des Profils darstellt, etwa im Bereich der Salzlacken oder an fast vegetationsfreien Zickflächen kommt es zur Bildung der typischen **Solontschak-Böden**. Es sind zumeist tonig-sandige Böden, auf denen sich die typischen, offenen Halophytengesellschaften bilden, die insbesondere im Einflussbereich von Lacken jährlich überschwemmt werden. Diese Böden sind in feuchtem Zustand schmierig und zäh, werden aber bei Austrocknung steinhart und neigen bei höheren Ton-Anteilen zur Trockenriss-Bildung. Als Leitpflanzen für typische Solontschak-Böden können die Salz-Kresse / *Lepidium cartilagineum* (siehe Abb. 115–117) bzw. Große und Kleine Salzmelde / *Suaeda pannonica* und *S. prostrata*, die Salzaster / *Tripolium pannonicum* subsp. *pannonicum* und der Salzschwaden (Zickgras) / *Puccinellia peisonis* gelten (siehe auch Abb. 103).



Abb. 103: Oberstinkersee mit Großer Salzmelde, Salzaster und Zickgras im Herbstaspekt auf Lackenrand-Solontschak

Solonetz-Böden bilden sich dort, wo über dem salzführenden Horizont sandige und tonige Feinsedimente aufgelagert sind. Zu einer ungestörten Bodenbildung mit entsprechend dichtem Pflanzenwuchs kommt es dennoch nicht, weil im Falle extremer Schwankungen des ansonsten tief liegenden Grundwasserspiegels Salz nach oben in die zunächst salzfreien Bodenauflagen verfrachtet wird. Dabei kommt es zu Ionenaustausch-Prozessen, die dazu führen, dass das Natrium zu einem erheblichen Anteil an den Sorptionskomplex des Bodens gebunden wird und bis zu 30 % deren Kationenaustauschkapazität einnimmt. Damit ändern sich die chemisch-physikalischen Bodeneigenschaften sehr stark: Die Alkalinisierung nimmt zu und der Boden wird unfruchtbar, weil wichtige Nährstoffe, wie etwa Kalium und Magnesium, vom Natrium verdrängt werden. Schließlich zerfällt die lockere Krümelstruktur des Bodens und es kommt zu starken Bodenverdichtungen. Kennzeichnend für Solonetz-Böden sind die polygonalen Trockenrisse im Zuge sommerlicher Austrocknung. Dagegen fehlen Salzausblühungen, weil die Bodenkolloide im Oberboden zwar reichlich mit Natrium belegt sind, die Bodenlösung aber nur einen geringen Gehalt an löslichen Salzen aufweist. Zudem liegt der Grundwasserspiegel so tief, dass Salz aus dem Akkumulationshorizont kapillar nicht mehr an die Oberfläche gezogen werden kann.

Solonetze können auch sekundär durch Entsalzung ehemaliger Solontschake nach Absenkung des Grundwassers entstehen. Tatsächlich lassen sich quer durch das Salzgebiet alle möglichen Übergänge zu Solontschaken finden, wobei typische Solontschak-Böden eher im westlichen, typische Solonetz-Böden eher im östlichen Teil des Seewinkels zu finden sind. Als „Blindzickstellen“ werden gelegentlich kleine Zickflächen inmitten von Solonetz-Flächen bezeichnet, auf denen sich die erwähnten salzärmeren Feinsedimente verflachen und der salzführende Horizont bloß liegt. An den Rändern dieser offenen Flächen grenzen also Solontschake und Solonetze unmittelbar aneinander.

Neben dem Salzsteppen-Wermut / *Artemisia santonicum* als Leitpflanze für Solonetz-Boden gehört die Einjährigen-Gesellschaft des Schuppen-schwanzes (= „Pannonischen Dünnschwanzes“) / *Pholiurus pannonicus* und des Dünnähren-



Abb. 104: Der Schuppenschwanz (Gras) und der Dünnähren-Wegerich in einer Abzugsrinne im Solonetz-Gebiet südöstlich der Langen Lacke. Die beginnende Trockenriss-Bildung ist deutlich zu erkennen.

Wegerichs / *Plantago tenuiflora*, die im Frühjahr Abzugsrinnen besiedelt, zu den sehr selten gewordenen Besonderheiten (siehe Abb. 104). Wo die Sedimentauflagen höher sind und der Salzeinfluss aufhört, gibt es artenreiche Übergänge zur Trockenrasen-Vegetation (siehe Abb. 105).



Abb. 105: Übergang zwischen offenem Solontschak mit Salz-Kresse im Vordergrund und höher liegendem Solonetz, der am silbrigen Band des Salzsteppen-Wermuts zu erkennen ist. Der salzfreie Boden auf der Kuppe trägt Trockenrasen mit Zwiebel-Steinbrech / *Saxifraga bulbifera*; im Hintergrund rechts ist eine Gruppe des Klein-Knabenkrauts / *Anacamptis* (*Orchis*) *morio* zu erkennen.

An den offenen Salzstandorten, über deren Pflanzenbewuchs später noch die Rede sein wird, finden auch seltene, räuberisch lebende Arthropoden geeignete Lebensbedingungen. Der Sandlaufkäfer / *Calomera littoralis nemoralis* und die Südrussische Tarantel / *Lycosa singoriensis* sind die eindrucksvollsten Beispiele. Die erwachsenen räuberischen Sandlaufkäfer bewohnen hauptsächlich vegetationsfreie Lackenufer, wo auch die Larven an der Öffnung ihrer selbstgebauten Röhren auf Opfer lauern, die sie mit ihren langen, sichelförmigen Zangen erfassen. Auch die Tarantel, die ihre Wohnhöhle südexponiert, in leichten Erhöhungen des Bodenreliefs anlegt, ist an mehr oder weniger offene Salzflächen gebunden.



Abb. 106: Südrussische Tarantel auf offenem, sandigen Salzboden

Diese beiden faunistischen Kleinjuwelen und die folgenden weiteren Beispiele für Tiere und Pflanzen des Seewinkels mögen zeigen, wie groß die „Juwelenkrone“ (im anderen Bedeutungssinn – siehe Seite 8) insgesamt ist, die den Seewinkel als Naturparadies auszeichnet und die – wie der sprichwörtliche Schatz – weiter behütet und bewahrt werden muss.

Die Vogelwelt

Das Gebiet von Neusiedler See, Seewinkel und Hanság ist eines der berühmtesten und bedeutendsten Vogelparadiese Europas. In zahlreichen Büchern und wissenschaftlichen Publikationen wurde die Bedeutung des Gebietes dokumentiert und die Vielfalt seiner Vogelwelt dargestellt. Tatsächlich ist der Seewinkel auch das ornithologisch am besten durchforschte Gebiet Österreichs. Zahlreiche Vogelarten haben hier ihr einziges oder zumindest ihr bedeutendstes Brut- oder Rastvorkommen in Österreich. Es ist daher naheliegend, dass besonders die Vogelwelt die Hauptattraktion des Nationalparks Neusiedler See – Seewinkel ist.

Im Hinblick auf Vogelarten-Diversität und Vogelschutz ist die Neusiedler-See-Region das herausragendste Gebiet in Österreich. Hier wurden bisher rund 330 Vogelarten festgestellt, knapp 130 Arten brüten gegenwärtig mehr oder weniger regelmäßig im Gebiet.

Die besten Monate für Vogelbeobachtungen sind zweifellos April – Mai bzw. August – September, wenn der Vogelzug seinen Höhepunkt erreicht. Doch das Gebiet hat zu jeder Jahreszeit seinen Reiz, sind es nun die großen Gänsetrupps im Spätherbst und dann wieder im Spätwinter, Greifvögel und Raubwürger / *Lanius excubitor* im Winter oder die brütenden und Junge führenden Gänse und Wiesenlimikolen, um nur einige der Attraktionen im Jahresverlauf zu nennen.

Für den europäischen Naturschutz besonders bedeutend sind die riesigen Schilfflächen, vor allem am See selbst, die international bedeutende Bestände von Reiher, Graugänsen, Enten, Rallen und verschiedenen Singvögeln (Rohrsänger / *Acrocephalus spec.*, Bartmeise / *Panurus biarmicus*, Rohrammer / *Emberiza schoeniclus*) beherbergen. Die Salzlacken des Seewinkels zählen zu den wichtigsten binnenländischen Brut- und Rastplätzen für verschiedene Enten- und Gänsearten, Watvögel und Möwen. Trotz dramatischer Arealverluste zählen auch die Feuchtwiesenflächen aus der Sicht des Vogelschutzes noch immer zu den bedeutendsten in Österreich und beherbergen eine für unser Land einmalige Brutvogelfauna. Viele Wiesenbrüter wie Kiebitz / *Vanellus vanellus*, Rotschenkel / *Tringa totanus*, Uferschnepfe / *Limosa limosa* oder Schafstelze / *Motacilla flava* und Brutvögel vegetationsfreier Lackenufer wie etwa Säbelschnäbler / *Recurvirostra avosetta*, Seeregenpfeifer / *Charadrius alexandrinus* oder Flusseeschwalbe / *Sterna hirundo* verloren in den letzten Jahrzehnten durch die zunehmende Verschilfung weiter Flächen einiges an Lebensraum. Daher sind heute im Nationalpark mehrere Herden von Rindern, Pferden und auch Weißen Eseln als „Naturraummanager“ im Einsatz, um durch Beweidung Wiesen und Gewässerufer offen und frei von Schilf zu halten.

Das hohe Nahrungsangebot ist einer der bestimmenden Faktoren, die die große Bedeutung der Seewinkelacken für eine ganze Reihe von Vogelarten begründen.

Eine Gruppe, auf die das ganz besonders zutrifft, sind die Watvögel / *Charadriiformes*. Verschiedene Arten nutzen die Seewinkellacken als Brut-, Mauser- oder Rastgebiet. Unter diesen sind es aber vor allem zwei Arten, die als die Charakterarten der Salzlacken schlechthin angesehen werden: Säbelschnäbler und Seeregenpfeifer. Der Säbelschnäbler ist auch vielen ornithologisch weniger versierten Besuchern des Gebietes ein Begriff. Seine Größe, sein kontrastreich weiß-schwarzes Gefieder und seine auffällige Art der Nahrungssuche – mit dem aufgebogenen Schnabel durch „säbelt“ er den feinen Schlamm oder das Flachwasser auf der Suche nach Beute wie z. B. Kiemenfußkrebse – machen ihn zu einer markanten Erscheinung, die sich öfters auch als „Logo“ in der Region wiederfindet. Der im Gebiet nicht minder spezialisierte und seltenere Seeregenpfeifer ist hingegen weit weniger auffällig und soll daher im Rahmen dieser Ausstellung vor den Vorhang geholt werden.

Der Seeregenpfeifer / *Charadrius alexandrinus*

Dieser etwa lerchengroße Vogel ist oberseits sandbraun gefärbt, die Unterseite ist weiß. Artkennzeichnend ist das schwarze, in der Mitte breit unterbrochene Brustband. Männchen sind kräftiger gefärbt als Weibchen, mit einem orange-braunen Scheitel, der zur weißen Stirn hin schwarz begrenzt ist. Ein schwarzer Streif zieht vom kurzen Schnabel durch das Auge bis auf die Ohrdecken. Die relativ langen Beine sind grauschwarz. Mit ihnen rennen die Regenpfeifer auf typische Weise schnell über offene Flächen, um abrupt stehen zu bleiben und Nahrung (kleine Wirbellose) aufzupicken.



Abb.107: Seeregenpfeifer, Männchen

Der Seeregenpfeifer ist fast weltweit verbreitet und dabei in erster Linie an flachen, sandigen und spärlich bewachsenen Küsten, Lagunen, Flussmündungen oder auch in Salinen zu finden. Im Binnenland ist er nur vereinzelt an flachen Seen, in Halbwüsten und Alkalisteppe zu finden, wenn die Vegetation ausreichend niedrig und spärlich ist, wie das durch hohe Salzkonzentration im Boden hervorgerufen wird. In Mitteleuropa gibt es nur ein derartiges Binnenlandvorkommen, und zwar auf den Salzböden der Ungarischen Tiefebene. Dessen westlichster Vorposten liegt im Seewinkel. Dieses Brutvorkommen ist natürlich auch das einzige in Österreich.

Im Seewinkel bewohnt der Seeregenpfeifer schütter bewachsene Zickflächen und flache, spärlich bewachsene Ufer von Salzlacken. Mitte des 20. Jahrhundert waren noch etwa 80 Brutpaare bekannt. Seither ist der Bestand stark zurückgegangen. Gegenwärtig schwankt der Bestand je nach Lackenwasserstand zwischen 24 und 47 Brutpaaren. Die Schwerpunkte in der Brutverbreitung liegen im Gebiet der Langen Lacke, am Illmitzer Zicksee mit dem anschließenden Geiselteller an der Oberen Halbjochlacke (Große Neubruchlacke) und auf den Zickflächen im Vorgelände des Neusiedler Sees im Bereich der Hölle. Einzelne Paare brüten wechselnd auch an einzelnen anderen Lacken (z. B. Albersee) oder auf ausgedehnten niedrig und spärlich bewachsenen Flächen wie in der Arbestau bei Apetlon. Wie keine andere Watvogelart des Seewinkels ist der Seeregenpfeifer ein Indikator für intakte (beweidete) Salzstandorte.

Einer der Hauptgründe für den Rückgang des Seeregenpfeifers liegt zweifellos im Lackensterben – dem Verlust ganzer Lacken sowie den tiefgreifenden Veränderungen an den verbliebenen Salzlacken. Insbesondere die starke Verschilfung der Uferzonen vieler Lacken macht diese für den Regenspfeifer unbesiedelbar. In der Roten Liste ist der Seeregenpfeifer dementsprechend auch als „critical“ (vom Aussterben bedroht) eingestuft. Die Beweidung lackennaher Salzwiesen im Zuge des Nationalpark-Managements ist daher eine zentrale Maßnahme zur Erhaltung dieser Art.

Noch dramatischer ist die Entwicklung in Ungarn: Während Mitte des 20. Jahrhunderts noch mehrere 100 Paare die Alkalisteppe, Pusztan und Alkaliseen der Großen Ungarischen Tiefebene besiedelten, sind heute nur mehr 15–30 Paare vorhanden (also etwas weniger als im Seewinkel!). Diese finden sich einerseits im Anschluss an die burgenländischen Vorkommen im Nationalpark Fertő – Hanság, andererseits an wenigen Stellen im Süden der Großen Ungarischen Tiefebene. Auch an den europäischen Küsten sind seine Bestände heute vielfach rückläufig, wobei hier vor allem touristischen Erschließungen von Sandküsten und damit einhergehendem verstärktem Störungsdruck eine zentrale Rolle zukommt.

Der Löffler / *Platalea leucorodia*

Von allen großen Schreitvögeln am Neusiedler See und im Seewinkel ist der Löffler der seltenste, gleichzeitig aber auch – neben dem Weißstorch / *Ciconia ciconia* – der charakteristischste für das Gebiet.

Der Löffler hat ein weißes Gefieder und ist durch seinen langen, an der Spitze löffelförmig verbreiterten Schnabel gekennzeichnet. Der Schnabel ist schwarz, an der Spitze gelb. Altvögel haben am Hinterkopf einen buschigen Federschopf und einen gelben Brustfleck. Bei ausgeflogenen Jungvögeln ist der Schnabel noch rosa und die Schwungfedern haben schwarze Spitzen. Ist der charakteristische Schnabel nicht sichtbar, z. B. wenn der Vogel ruht und ihn dabei ins Gefieder steckt oder wegen zu großer Entfernung des Beobachters, könnte man ihn mit dem nur minimal größeren Silberreiher verwechseln. Doch hat der Löffler eine gedrungene Gestalt mit waagrechterer Körperhaltung.



Abb. 108: Löffler



Abb. 109: Löffler verfolgt Beute

Mit seinem hoch spezialisierten Schnabel ist er perfekt an die Nahrungssuche auch in trübem Wasser angepasst. Im Gegensatz zu Reiher, die ihre Beute optisch lokalisieren, verlässt sich der Löffler auf seinen Tastsinn. Der breite Schnabel bietet daher eine große Oberfläche für die erforderlichen Tastreize. Prinzipiell durchsieht der Löffler mit leicht geöffnetem Schnabel und weit ausholenden Pendelbewegungen das Wasser oder den Schlamm am Lackengrund. Sobald er ein Beutetier – von kleinen Schnecken und Insektenlarven bis zu Fischen und großen Krebsen – ertastet, schnappt er zu. Im Detail lassen sich bei Löfflern jedoch verschiedene Typen der Nahrungssuche unterscheiden. Intensives Siehen erfolgt durch kurze Pendelschläge im Stand an besonders ergiebigen Stellen. Am häufigsten sieht man Löffler, die bei der Nahrungssuche langsam voran schreiten und mit dem Schnabel weit seitlich ausholen. Das wird gelegent-

lich, v. a. bei der Jagd nach flüchtiger Beute wie kleinen Fischen, durch schnelles Laufen ersetzt, wobei der Schnabel nach vorn weisend und nur gering seitlich ausschwenkend durch das Wasser pflügt oder seitlich vom Körper mitgezogen wird. Gelegentlich flattert der Löffler auch ein kurzes Stück nach vorne, vielleicht um seine Beute zu überholen.

Der Löffler bewohnt Feuchtgebiete mit ausgedehnten Flachwasserzonen zur Nahrungssuche und gut ausgeprägter Ufervegetation als Neststandort. Er brütet kolonieweise – meist gemeinsam mit Reiher – im Röhrich oder in Büschen, selten auch am Boden. In Europa brütet er vor allem auf der Balkanhalbinsel und im Karpatenbecken, westwärts bis an den Neusiedler See und mit wenigen Paaren in Südböhmen. Weitere Brutvorkommen existieren auf der Iberischen Halbinsel und in den Niederlanden, von wo aus er in den letzten Jahren auch andere Länder entlang der Nordseeküste besiedelt hat.

Am Neusiedler See brütet der Löffler im Schilfgürtel, und zwar in der großen gemischten Reiherkolonie auf der großen Schilfinself im Südteil des Sees. Zur Nahrungssuche suchen die Vögel die großen Rohrlacken (Blänken) auf, daneben auch überschwemmte Bereiche im Seevorgelände (insbesondere vom Sandeck bis auf die Graurinderkoppel) und die Lacken des Seewinkels. Hier trifft man ihn vor allem an tieferen Lacken mit einem guten Angebot an größeren Beutetieren an (Darscho, Unterstinker, Lange Lacke). Vor allem im Sommer sind sie dann in zum Teil großen Trupps auf Nahrungssuche, wobei die flüggen Jungen die Altvögel lautstark um Futter anbetteln.

Die Bestandsentwicklung am Neusiedler See verlief sehr wechselhaft. Im Laufe des 20. Jahrhunderts dürften hier in guten Jahren über 300 Paare gebrütet haben, noch bis in die frühen 1970er-Jahre waren es zwischen 200 und 250 Paare. Dann setzte ein dramatischer Rückgang ein, der in den Trockenjahren 1990 und 1991 sogar zum vorübergehenden Erlöschen des Brutvorkommens geführt hat. Seit 1992 brütet die Art wieder am See, in den letzten Jahren waren es zwischen 38 und 84 Paare. In der Roten Liste wird er als „critical“ (vom Aussterben bedroht) eingestuft.

Flusseeschwalbe / *Sterna hirundo*

Seeschwalben gehören zu den Möwen. Es handelt sich um schlanke elegante Vögel mit schmalen, spitzen Flügeln und mehr oder weniger tief gegabeltem Schwanz. Ihre Nahrung (Kleinfische, wasserlebende Wirbellsoe) erbeuten sie im Sturzflug. Die Flusseeschwalbe ist die einzige aktuell in Österreich regelmäßig brütende Art. Sie lebt kolonieweise an spärlich bewachsenen und gegen

Bodenfeinde gut geschützten Ufern von Gewässern: Sand- und Kiesinseln, Sandbänke, ausgedehnte Kiesufer und dergleichen. Ursprünglich war sie ein Bewohner unregulierter Flüsse, so etwa an der Donau, Traun, Inn, Mur und am Rhein. Flurnamen wie „Schwalbeninsel“ (in der Donau) deuten noch heute darauf hin. Daneben brütete sie aber immer schon an den fast kahlen Ufern der Salzlacken im Seewinkel. Die Bestände an den Salzlacken sind starken Schwankungen unterworfen, die vor allem mit dem Wasserstand zusammen hängen. Störungen aber auch Überflutungen nach schweren Regenfällen können zu Aufgabe der Kolonien und Neugründungen an anderen Stellen führen. In trockenen Jahren kommt es auch regelmäßig zu Bruten auf großflächig trocken gefallen Schlammflächen innerhalb des Schilfgürtels des Neusiedler Sees.

Während sie in vielen Teilen ihres Areals heute auf Nisthilfen (Brutflöße) oder regelmäßiges Ausmähen ihrer Niststandorte angewiesen ist, stellt für die im Nationalpark die Freihaltung von Lackenufern durch Beweidung eine geeignete Managementmaßnahme dar.



Abb. 110: *Flusseeschwalbe*

Die artenreiche Säugetierfauna des Seewinkels

Die Vielfalt an Landschaftstypen im kleinräumigen Seewinkel bietet einer großen Zahl verschiedener Säugetiere Lebensmöglichkeiten. Insgesamt wurden hier 54 einheimische Säugetierarten nachgewiesen, das sind fast 59 % der im ganzen Bundesgebiet vorkommenden einheimischen Arten! Von den neun in Österreich nachgewiesenen faunenfremden Arten lebt nur eine, nämlich die **Bisamratte** / *Ondatra zibethicus*, regelmäßig und häufig im Gebiet.

Das Besondere an der Säugetierfauna des Seewinkels und der angrenzenden Gebiete ist, dass etliche Arten hier ihr einziges österreichisches Vorkommen haben. Zu diesen zählen die Streifenmaus / *Sicista subtilis*, die Nordische Wühlmaus / *Microtus oeconomus*, auch Sumpfwühlmaus genannt, die Ährenmaus / *Mus spicilegus* und der Goldschakal / *Canis aureus*.

Der **Goldschakal** hat vermutlich bis ins 19. Jahrhundert in den Feuchtgebieten des Seewinkels und des Waasen gelebt. Jedenfalls sprechen historische Berichte vom Vorkommen des – im Vergleich zum echten Wolf – kleineren, zarteren „Rohrwolfs“, dessen Beschreibung gut auf den Goldschakal passt. Wenn auch Belege in Form von Skeletten, Schädeln, Stopfpräparaten in Sammlungen fehlen, ist ein historisches Vorkommen im Bereich des Neusiedler Sees recht wahrscheinlich. Jedenfalls ist der Goldschakal nach dem Ende der letzten Eiszeit von Osten kommend nach Europa eingewandert, er war bis zum Ende des 19. Jahrhunderts in Ungarn häufig, wurde aber dann immer seltener und galt in den 1980er-Jahren hier als ausgestorben. Ab den 1990er-Jahren trafen zunächst einzelne vom Balkan kommende „Späher“, zumeist Rüden, in Ungarn und Österreich ein. Später setzte eine rasche Wiederbesiedlung Ungarns ein, im Jahr 2007 pflanzten sich Goldschakale erstmals auch in Österreich, im Seewinkel, fort.

Bei der **Streifenmaus** handelte es sich um ein echtes Relikt der letzten Eiszeit, als dieses Nagetier gemeinsam mit Murmeltier und Pfeifhase in der nahezu baumlosen Steppentundra, die sich von Westeuropa bis nach Kanada erstreckte, bei uns weit verbreitet und häufig war. Nach dem Höhepunkt der letzten Eiszeit vor 20 000 Jahren, zog sich das Verbreitungsgebiet der Streifenmaus immer weiter nach Osten zurück. Ihr Vorkommen in den Zitzmannsdorfer Wiesen und im Seewinkel wurde nur durch Zufall entdeckt und konnte nur 21 Jahre lang bestätigt werden. Im Jahr 1939 wurde die erste Streifenmaus in einem Trockenrasen der Zitzmannsdorfer Wiesen zwischen Weiden und Podersdorf gefangen. Danach wurde das kleine Tierchen nur noch fünf Mal gefunden, und zwar im Vorgelände des Neusiedler Sees und im Seewinkel. Der letzte Fund glückte im Jahr 1960. Dieses burgenländische Vorkommen war der westlichste Vorposten der Streifenmaus, der nächste Fundort befand sich 150 km weiter östlich in Ungarn. Die Streifenmaus ist eine typische Art

der Wiesen- und Buschsteppen. Kulturland meidet sie mit Ausnahme alten Brachlands und verbuschter Viehweiden ganz.

Wie der Name sagt, ist das heutige Hauptverbreitungsgebiet der **Nordischen Wühlmaus** der im äußersten Norden Eurasiens und Nordamerikas liegenden Tundren- und Steppengürtel. Südlich davon liegen einige isolierte, kleine Vorkommensgebiete in den Niederlanden und in Deutschland, sowie in Österreich, der Slowakei und in Ungarn. Sie beweisen, dass diese Art während der letzten Eiszeit hier vorkam. In der Verlandungszone des Neusiedler Sees und einiger Lacken des Seewinkels konnte die Nordische Wühlmaus trotz prägnanter Klima- und Habitatänderungen seit der letzten Eiszeit bis heute überleben. Ebenso wie in Deutschland und den Niederlanden sind auch alle pannonischen Vorkommen dieses Eiszeitrelikts stark gefährdet.

Die **Ährenmaus** ist eine der interessantesten Arten der überaus artreichen Gattung der Echten Mäuse, denn sie legt in Anpassung an die harten Winter ihres am Westrand des Waldsteppengürtels liegenden Verbreitungsgebietes oberirdische, mit Erde bedeckte Vorratshügel aus diversen Samen an. Die den unter dem Hügel liegenden Bau bewohnenden Ährenmäuse verzehren im Lauf des Winters die von ihnen gesammelten Körner. Obwohl sie einer „normalen“ Hausmaus zum Verwechseln ähnlich sieht, gehört die Ährenmaus durch diese einzigartige Eigenschaft zu den großen Besonderheiten des Burgenlands und damit Österreichs. Das Vorkommen im Seewinkel und auf der Parndorfer Platte markiert die Westgrenze des Artareals. Im 19. Jahrhundert war die Ährenmaus auf den Getreidefeldern noch weit verbreitet und so häufig, dass sie durch Sammeln von Unmengen von Getreidekörnern zu einem Ackerschädling wurde und ihre Vorratshügel von armen Leuten geplündert wurden. Im Lauf des 20. Jahrhunderts wurde die Ährenmaus als Folge moderner Ackerbautechniken auf Wild- und Heidäcker, Brachflächen und Aufforstungen zurückgedrängt, wo sie sich hauptsächlich von Unkrautsamen ernährt.

Einen Verbreitungsschwerpunkt im Seewinkel haben weitere folgende „Steppen“-Säugetiere: Ziesel / *Spermophilus citellus*, Hamster / *Cricetus cricetus*, Steppeniltis / *Mustela eversmannii* und Kleines Mausohr / *Myotis oxygnathus*. Die beiden Nagetiere – das Erdhörnchen **Ziesel** und der **Hamster** – verbringen die kalten Winter ihrer Steppenheimat in selbst gegrabenen Bauen im Winterschlaf. Ähnlich wie die Ährenmaus legt sich auch der Hamster ein Vorratslager für den Winter an, das sich allerdings nicht in einem oberirdischen Hügel, sondern in unterirdischen Kammern des Baus befindet. Der Hamster hält – wie aus Knochenfunden bekannt wurde – sein Vorkommen im nördlichen Burgenland ununterbrochen seit dem Ende der letzten Eiszeit aufrecht. Es wird angenommen, dass der Mensch, der vor etwa 5000 Jahren die Wälder für Ackerbau und Viehzucht aufzuschließen begann und somit eine sekundäre Kultursteppe schaffte, das lokale Aussterben der Art ver-

hinderte. Die Aufgabe der Weidewirtschaft und die modernen Ackerbautechniken drängten beide Arten stark zurück. Der Weiterbestand ihres Vorkommens hängt von geeigneten Managementmaßnahmen in Schutzgebieten bzw. von Artenschutzprogrammen ab.

Zu den Besonderheiten des Gebiets gehört auch die mit sechs Arten reiche **Spitzmausfauna**, die sich die unterschiedlichen Kleinlebensräume der Verlandungszonen untereinander aufgeteilt haben. Die in Europa weit verbreitete **Waldspitzmaus** / *Sorex araneus* hat hier eine in Körpergröße und Färbung deutlich differenzierte Unterart ausgebildet, die nach dem ersten österreichischen Säugetier-systematiker Otto Wettstein benannt wurde.

Außer den Siedlungsfolgern, wie z. B. einer Reihe von **Fledermausarten**, komplet-tieren die **Waldsäugetiere** die ansehnliche Artenzahl des kleinräumigen See-winkels. In ganz Europa weit verbreitete Waldarten, wie **Gelbhals-** / *Apodemus fla-vicollis* und **Rötelmaus** / *Clethrionomys glareolus*, aber auch **Eichhörnchen** / *Sciurus vulgaris* und sogar **Baummartener** / *Martes martes* zählen zur Fauna des Seewinkels. Von den jagdbaren Großsäugern halten sich **Rothirsch** / *Cervus elaphus*, **Reh** / *Capreolus capreolus* und **Wildschwein** / *Sus scrofa* außer in den umliegenden Wäldern entweder ganzjährig oder saisonal im Seevorgelände, Waasen und in den Verlandungszonen des Neusiedler-See-Gebiets auf.



Abb. 111: Nordische Wühlmaus



Abb. 112: Rehbock im Schilf



Abb. 113: Feldhamster



Abb. 114: Ziesel

Salzpflanzen, die wissenschaftlich als Halophyten (von „hala“, gr. Salz, und „phyton“, gr. Pflanze) bezeichnet werden, haben ein grundsätzliches Dilemma vor sich: Einerseits ist – wie für alle anderen Pflanzen – auch für sie Kochsalz in höheren Konzentrationen toxisch, andererseits müssen sie in ihren Organen Salz speichern, da sie ansonsten auf Grund der stark wasseranziehenden Wirkung der gelösten Salze im Boden osmotisch kein Wasser aufnehmen könnten. Wie dieser Widerspruch von den Spezialisten gelöst wurde, die es geschafft haben, Salzstandorte dennoch zu erobern, wird uns weiter unten eingehend beschäftigen. Zunächst soll eine der auffälligsten Salzpflanzen – ein wahres Juwel in der frühsommerlichen Salzsteppe – etwas näher vorgestellt werden.

Die Blüte der Salz-Kresse leitet das „Halophytenjahr“ im Seewinkel ein

Die Salz-Kresse mit ihren strahlend weißen, mit zahllosen kleinen Blüten dicht übersäten Blütenständen ist im Frühsommer die auffälligste der insgesamt rund 50 Pflanzenarten auf unseren heimischen Salzböden.

Obwohl ihre bevorzugten Lebensräume offene Zickflächen mit den typischen sandig-tonigen Solontschak-Böden sind, besiedelt die Salz-Kresse im Gebiet auch andere Flächen, auf denen das Pflanzenkleid aufgrund stärkerer Bodenversalzung lückig wird. Das können Lackenränder sein, an denen die Salz-Kresse im Gegensatz zu den fast geschlossenen Gürteln der Großen Salzmelde und des Zickgrases eher nur sporadisch auftaucht und kleinere Herden bildet; selbst auf schweren Tonböden mit dem Salzsteppen-Wermut als Charakterpflanze im östlichen Teil des Seewinkels taucht die Salz-Kresse immer wieder auf. Als konkurrenzschwache Pionierpflanze benötigt sie generell lückige, offene Standorte. In den Salzwiesen mit dicht geschlossener Vegetation hat sie keine Chancen mehr.

Wenn an den Zickflächen und an salzreichen Lackenrändern als Folge der frühsommerlichen Trockenheit die salzhältige Bodenlösung kapillar hochgezogen wird und weißer Sodaschnee nach Verdunstung des Wassers an der Bodenoberfläche in oft bizarren Ausformungen zurückbleibt, mischen sich die weißen Blütenstände der Salz-Kresse harmonisch dazu. Die blaugrünen, sukkulenten („fleischigen“) Blätter bilden dazu einen schönen Kontrast. Salz-Kresse und Sodaschnee sind somit die wichtigen Attribute, die den freundlichen und strahlend hellen Frühsommeraspekt der Salzsteppe im Mai und Juni bestimmen. Demgegenüber prägen die rot bis ockerbraun verfärbten Bestände der Salzmelde und des Pannonien-Glasschmalzes / *Salicornia prostrata* zusammen mit dem lila Blütenmeer der fast allgegenwärtigen Salzaster einen sehr farbenfrohen herbstlichen Kontrapunkt.

Die Salz-Kresse ist eine ausdauernde Pflanze aus der Pflanzenfamilie der Kreuzblütler / *Brassicaceae*, ist also mit zahlreichen wertvollen Kulturpflanzen (Gartenkresse, Kohl- und Kraut-Arten, Rettich, Raps u. v. a.) eng verwandt und in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert.

Ihr **Pionier-Charakter** wurde schon erwähnt. Auch wenn zur Zeit der Keimung im Spätherbst oder im zeitigen Frühjahr das Salz aus den obersten Bodenschichten durch Niederschläge etwas ausgewaschen wird, bleibt der Bodensalzgehalt an diesen Extremstandorten doch noch so hoch, dass nur wenige der relativ salzempfindlichen Keimlinge überleben. Mit einer rasch in die Tiefe wachsenden Pfahlwurzel verankern sich die Jungpflanzen fest im Substrat. Wenn die Pflanzen größer werden und neben einer basalen Blattrosette beblätterte Stängel treiben, beginnen sie, Sand um sich anzustauen (siehe Abb. 116). Die abgestorbenen und vertrockneten Stängel mit ihren sparrigen Blütenständen bleiben noch an der Pflanze und unterstützen die Ansammlung von Substrat. So wachsen die einzelnen Individuen allmählich in die Höhe und bilden kleine Hügel, auf deren Scheitel gemäßigte Salzbedingungen herrschen, sodass sich andere, weniger salztolerante Arten, wie etwa der Strand-Wegerich / *Plantago maritima*, die Salzaster und das Zickgras ansiedeln und schließlich die Salzkresse verdrängen. Langfristig kann es zur Verschmelzung derartiger Hügel kommen, die kleinräumig den ersten viel salzempfindlicheren Trockenrasenpflanzen gute Lebensbedingungen bieten. Diese Entwicklung dauert viele Jahrzehnte und muss durch Überschwemmungen und Ausblasungen (Winderosion) immer wieder auch Rückschläge hinnehmen. Doch stets ist es die Salzkresse, die diesen dynamischen Sukzessionsprozess einleitet.



Abb. 115: Salz-Kresse in Vollblüte auf weißem Sodaschnee über Solontschak



Abb. 116: Mit grundständigen Blättern und vertrockneten Fruchtständen sammelt die Salz-Kresse Sand um sich an.



Abb. 117: Auf einer Blindzickstelle im Seevorgelände bildet die Salz-Kresse kleine Inseln inmitten der Sodaschnee-Wüste.

Pflanzengeografisch interessant ist die Salz-Kresse, weil ihr Verbreitungszentrum in den Salzsteppen um den Aralsee und das Kaspische Meer liegt. Der Seewinkel ist die absolute Westgrenze ihres riesigen Areals. Eine Reihe weiterer kontinental verbreiteter Halophyten-Arten, mit allerdings weniger weit nach Osten reichenden Arealen, erreichen am Neusiedler See gerade noch Mitteleuropa.

Kultivierungsversuche auf Gartenboden haben gezeigt, dass die Salz-Kresse zu ihrem optimalen Gedeihen eine gewisse Salzmenge im Boden benötigt, dass sie also der ökologischen Gruppe der „obligaten“ Salzpflanzen angehört, wie etwa auch Salzmelde und Glasschmalz. Chemische Analysen ergaben nämlich, dass die auf salzfreiem Boden gezogenen, kümmerlich wachsenden Pflänzchen nicht mehr ausreichende Mengen an Mineralstoffionen, vor allem Kalium aufnehmen konnten, die sie zum Aufbau genügend hoher osmotischer Saugkräfte in ihren Zellen benötigen, um Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Offenbar „verlernte“ die Salz-Kresse genetisch durch ihr regelmäßiges Vorkommen auf Salzboden im Verlaufe ihrer Evolution, sich auf mineralstoffarmen „Normalböden“ ausreichend mit Ionen zu versorgen. Die meisten der „halophilen“ („salzliebenden“) Pflanzenarten, auch so prominente wie Salzaster, Strand-Wegerich und Meerstrands-Dreizack / *Triglochin maritimum*, tragen dieses Attribut eigentlich zu Unrecht, da sie Salz nicht wirklich „lieben“, sondern nur aufgrund geringer Konkurrenzkraft aus den für sie günstigeren, salzfreien Standorten auf ungünstige Salzböden abgedrängt wurden. Solche Halophytentypen, die im Kulturversuch zwar noch optimales Wachstum auf salzfreiem Boden zeigen, in der Natur aber nur an Salzstandorten anzutreffen sind, werden als „fakultative“ Halophyten bezeichnet. Die allmähliche Aneignung von Salztoleranz und die Entwicklung der zur Besiedlung von Salzböden notwendigen Anpassungsstrategien (siehe weiter unten) kosteten

Energie und Substanz, sodass – quasi als Eintrittsgeld in die Salzfluren – eben der Preis für eingeschränkte Konkurrenz gezahlt werden musste. Dieses Prinzip des Einhandelns von Toleranz gegen Konkurrenzkraft ist in analoger Weise für erfolgreiche Besiedler anderer Extremsituationen gültig, seien es nun Wüsten, Hochgebirgstundren oder Schwermetallhalden.

Eine allgemeine Voraussetzung für die Anpassung an Salzboden, der – wie alle salzhaltigen Medien – Wasser stark osmotisch zurückhält, besteht darin, durch Salzspeicherung in den Blattzellen noch höhere osmotische Saugkräfte aufzubauen, um die Saugkraft der Böden zu überwinden, die besonders hohe Werte erreicht, wenn sich während der sommerlichen Trockenheit Salze in den obersten Bodenschichten konzentrieren. Die Bodenlösung erreicht dann auf Zickflächen Salzkonzentrationen, die höher liegen als im Meerwasser. Die Salz-Kresse kann sich nun ähnlich der Salzmelde und dem Glasschmalz besonders gut osmotisch anpassen, indem sie die im Boden vorhandenen Salzionen – Natrium, Magnesium, Sulfat und Chlorid – reichlich aufnimmt und in ihren Blattzellen deponiert. Diese Mischung aus Natriumsulfat (Glaubersalz), Magnesiumsulfat (Bittersalz) und Natriumchlorid (Kochsalz) verleiht den Blättern zusätzlich zum Kressearoma einen seifigen, leicht bitteren Geschmack. Wie sich die Zellen gegen das für ihren Stoffwechsel letztlich schädliche und giftige Salz zur Wehr setzen, wird weiter unten noch zu erläutern sein. Eine wesentliche Bedeutung kommt dabei diversen Schutzstoffen zu. Ein sehr prominenter Vertreter dieser Schutzstoffe, die Aminosäure Prolin, wird von *Lepidium* in sehr hohen Konzentrationen gespeichert.

Die Blätter sind kahl und haben ein blaugrünes, „bereiftes“ Aussehen. Dies rührt von wasserabstoßenden Wachsabscheidungen her, die – nur im elektronenmikroskopischen Bild sichtbar – als feine Plättchen, Warzen oder Stäbchen auf der Cuticula sitzen. Die Cuticula selbst ist eine wasserabweisende Schicht, die die äußeren Zellwände des Hautgewebes des Blattes (Epidermis) überzieht. Alle diese Strukturen, insbesondere die Wachse, dienen aufgrund ihrer sogenannten „Hydrophobie“ dem Transpirationsschutz. Sie sorgen dafür, dass die Blätter hermetisch abgedichtet werden und die Wasserabgabe (Transpiration) nur mehr kontrolliert über die Spaltöffnungen abläuft. Diese liegen zwischen besonders umgestalteten Epidermiszellen, den Spaltöffnungszellen, die durch osmotisch bedingte Bewegungen die Spalten öffnen oder schließen können. Der Spaltöffnungsapparat regelt so den gesamten pflanzlichen Gasaustausch, also die CO_2 -Aufnahme, die damit verbundene Wasserdampf-Abgabe sowie auch die O_2 -Abgabe.

Warum sind nun derartige Strukturen auch auf Salzboden von Vorteil?

Strukturen, wie sie besonders an Blättern extrem trockentoleranter Pflanzenarten gut zu beobachten sind (z. B. mit einer Wachsschicht überzogene Blätter wie die der Österreich-Schwarzwurzwurzel / *Scorzonera austriaca* oder des Ginster-Leinkrauts /

Linaria genistifolia. Nun, das lässt sich leicht erklären: Das Grunddilemma aller Landpflanzen besteht darin, dass die photosynthetische CO_2 -Aufnahme über die Spaltöffnungen unvermeidbar auch mit einem Wasserverlust verbunden ist. Es wurde ja schon ausgeführt, dass aus osmotischen Gründen die Wasseraufnahme aus versalztem Boden erschwert ist, sodass eine eingeschränkte Wasserabgabe für die Pflanzen jedenfalls vorteilhaft sein kann. Auch ein zweiter, fast noch wichtigerer Effekt ist mit einem ökonomischen Wasserhaushalt verbunden: Je geringer der Wasserumsatz der Pflanzen ist, desto geringer ist auch die Gefahr einer tödlichen Übersalzung, da mit der Wasseraufnahme stets auch ein von der Pflanze ungewolltes Mitschleppen von Salzionen verbunden ist. Wie Salzpflanzen dieser Gefahr begegnen, wird im nachfolgenden Kapitel näher ausgeführt. Nur so viel an dieser Stelle: Auch bezüglich dieser Regulationsstrategien ist unsere Salz-Kresse eine Meisterin, da sie die allerwichtigste dieser Strategien, das „Sukkulentwerden“ als Mittel der Verdünnung der im Laufe des Blattlebens passiv eingeschwemmten Salze perfekt beherrscht (siehe dazu Abb. 119).

Überlebensstrategien von Pflanzen auf Salzboden

Es wurde schon erwähnt, dass Salzpflanzen zur Aufrechterhaltung ihres Wasserhaushaltes eine gewisse Menge an Salz in ihren Organen benötigen. Andererseits besteht die permanente Gefahr einer Übersalzung, weil mit dem aufgenommenen Wasser unvermeidlich auch Salzionen in die Pflanze einsickern, da die Kontrollsysteme für die Ionenaufnahme, die auch als Filter gegenüber Ballaststoffen im Wurzelbereich wirken, nicht hundertprozentig dicht sind. Die mitgeschleppten Salzionen bleiben in den transpirierenden Blättern wie in kleinen Verdunstungspfannen liegen und sind in hohen Konzentrationen toxisch (siehe weiter unten). Es gilt also selbst für Halophyten das Paracelsus-Wort: „*Dosis sola venenum facit*“ („Allein die Menge macht das Gift“). Die an Salzstandorte angepassten Pflanzenarten haben nun eine Reihe von Strategien zur Einstellung eines optimalen inneren Salzspiegels entwickelt, auf die im Folgenden näher eingegangen wird, zumal alle diese Phänomene an den Salzstandorten des Seewinkels direkt zu beobachten sind.

Salzsukkulenz

Die häufige Ausbildung sukkulenter Formen, mit „fleischigen“ Blättern, ist eine Eigentümlichkeit zahlreicher zweikeimblättriger Halophyten. Das Ausmaß des „Sukkulentwerdens“ mit zunehmendem Blattalter ist dabei artspezifisch sehr unterschiedlich. Das Prinzip dieses Regelmechanismus ist einfach: Durch kontinuierliche Streckung und Volumsvergrößerung der sehr dünnwandigen Zellen wird deren Wassergehalt permanent erhöht. Sichtbares Zeichen dafür ist ein deutliches Dickerwerden der Blätter mit zunehmendem Alter. Da die Streckung der Zellen durch Salz, speziell durch Chlorid induziert wird, spricht man von Salzsukkulenz.

Der Effekt ist, dass trotz ansteigender Absolutmenge an Salzionen deren tatsächliche Konzentration (also deren Menge pro Volumseinheit an Wasser) auf einem einigermaßen konstanten, optimalen Niveau gehalten wird. Noch einfacher könnte man auch sagen, dass durch eine Zellvergrößerung das Fassungsvermögen der Blattzellen für Salze im Laufe des Blattlebens ansteigt. Dieser wichtige und weit verbreitete Salzregulationsmechanismus ist schon sehr früh entdeckt worden, wobei der wissenschaftliche Nachweis Wiener Botanikern zuerst bei Mangrove-Bäumen gelang.

Besonders schön ist bereits bei Lupenvergrößerung am Querschnitt verschieden alter Blätter der Salz-Kresse (etwa an jungen Stängelblättern und den äußersten – ältesten – basalen Grundblättern) die mit dem Alter zunehmende Blattdicke als sichtbares Zeichen des Sukkulentwerdens zu sehen. Das mikroskopische Bild zeigt dabei, dass im dicken, alten Blatt keine Zellvermehrung stattgefunden hat, sondern dass sich die Blattzellen durch kontinuierliches Wachstum ihrer Zellwände in die Länge gestreckt haben (Abb.119). Beispiele für eine altersbedingte Zunahme der Sukkulenz liefern fast alle zweikeimblättrigen Halophytenfamilien, insbesondere die Angehörigen der Gänsefußgewächse / *Chenopodiaceae*: die Salzmelde / *Suaeda pannonica* (Abb. 118) und *S. prostrata*, das Glasschmalz (Abb. 120), das Kampferkraut / *Camphorosma annua* (Abb. 126), die Spieß-Melde / *Atriplex prostrata* und auch die beiden halophilen Gänsefußarten selbst, der Dickblatt-Gänsefuß / *Chenopodium chenopodioides* und der Graugrün-Gänsefuß / *Ch. glaucum* (siehe auch Abb. 123). Auch die Flügel-Schuppenmiere / *Spergularia maritima*, der Meerstrand-Wegerich und die Salzaster zeigen deutliche Sukkulenz.



Abb. 118: Zu den stark sukkulent werdenden Halophyten gehören die Salzmelde.

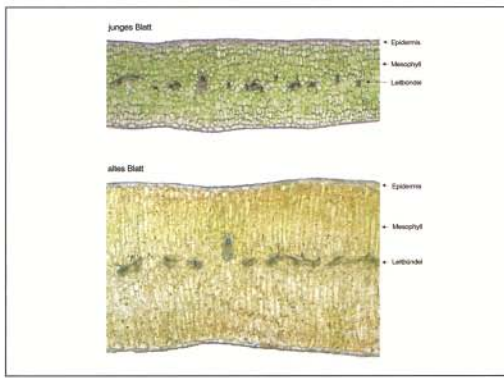


Abb. 119: Salzsukkulenz von *Lepidium cartilagineum*: Alte, bereits vergilbende Blätter sind viel dicker und wasserreicher als junge Stängelblätter.



Abb. 120: Im Gegensatz zu den blattsukkulenten Salzmelden sind beim Queller die Stämmchen sukkulent; Blätter und Blüten sind extrem reduziert.

Salzausschluss durch Wurzelfiltration und Anpassung an verminderte Wasseraufnahme

Einkeimblättrige Pflanzen, v. a. Gräser und Seggen neigen strukturell nicht zur Sukkulenz, sondern sind eher mit allerlei blattversteifenden Strukturen, starren Gefäßbündelscheiden ausgestattet. Ihre Zellen, insbesondere die Epidermiszellen sind eher kleinvolumig und von dicken Zellwänden umschlossen. Die Blätter greifen sich daher oft spröde und hart, ja geradezu dornig an. Dieses Syndrom sogenannter xeromorpher Strukturen, das als Ergebnis der Anpassung an trockene Standorte an den starren Gräsern und Seggen-Arten auf Trockenrasen besonders deutlich ausgebildet ist, findet sich nun an den grasartigen Lebensformen auf Salz wieder und ist etwa bei den beiden Salzgräsern selbst Zickgras und Dorngras / *Crypsis aculeata*, bei der Salz-Simse / *Juncus gerardii* und der Lücken-Segge / *Carex distans* im mikroskopischen Bild gut sichtbar, aber auch beim Abtasten der Blätter direkt spürbar. Da – wie schon mehrfach festgestellt – Salz-boden osmotisch Wasser bindet und eigentlich wie ein trockener Boden wirkt, kommen diese xeromorphen Strukturen den genannten einkeimblättrigen grasartigen und schmalblättrigen Pflanzenarten sehr zugute. Chemische Analysen haben gezeigt, dass diese Arten auch sehr viel weniger Salz aufnehmen als zweikeimblättrige Halophyten. Auch an Extremstandorten beträgt der Salzspiegel in den beiden Gräsern (Zick- und Dorngras) und in der Lücken-Segge nur rund 1/5 des Spiegels in Salz-Kresse, Salzmelde und Glasschmalz (Queller), da offenbar ihr Filtrations- und Abschottungsvermögen gegenüber der salzhaltigen Bodenlösung wesentlich besser ist. Als Ausgleichsmaßnahme zum fehlenden Salz speichern grasartige Halophyten zusätzlich Zucker, vornehmlich Rohrzucker, als osmotisch wirksame Verbindungen in ihren Zellen. Insgesamt sind alle diese Arten zwar weniger gut osmotisch an den Salzboden angepasst als Zweikeimblättrige, können aber den damit verbundenen Schwierigkeiten der Wasseraufnahme mithilfe ihrer oben genannten Anpassungen

auf anatomisch-morphologischer Ebene erfolgreich begegnen, die ein (vorübergehendes) Welken der starren Blätter verhindern.

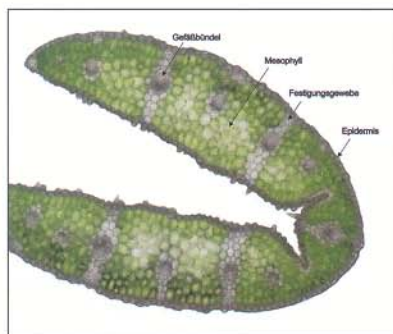


Abb. 121: Blattquerschnitt vom Zickgras. Wie I-Träger versteifen durchreichende Festungsgewebe das Blatt; man beachte die Gefäßbündelscheiden mit den verdickten Zellwänden; außen schützen dickwandige Epidermiszellen das Blatt, das sich bei starker Trockenheit nach oben zusammenfaltet, sodass die auf der Blattoberfläche liegenden Spaltöffnungen geschützt sind und weniger Wasserdampf abgeben.

Abstoßen alter, übersalzter Blätter – Rosettenwachstum

Diese Lebensformen zeichnen sich durch den Besitz einer grundständigen Blattrosette aus, also eines „Kranzes“ von unterschiedlich alten Blättern, die sich während der Vegetationszeit durch kontinuierlichen Austrieb junger Blätter, bei gleichzeitigem Abstoßen alter, vergilbender Blätter ständig erneuern. Die Gesamtzahl an Blättern bleibt dabei annähernd gleich. Gibt es nur einen Schaft mit Blüte bzw. Blütenstand, dann spricht man von Vollrosettenpflanzen, trägt der Stängel zusätzlich auch noch Blätter, liegen Halbrosettenpflanzen vor. Der Vorteil dieses Wachstumsmusters auf Salzboden ist eindeutig: Dank der hohen Regenerationsfähigkeit werden während der gesamten Vegetationszeit die alternen, salzbeladenen Blätter abgestoßen und durch junge, noch salzarme und physiologisch aktive ersetzt. Beispiele für diese Strategie sind der im Gebiet sehr häufige Meerstrand-Wegerich der Meerstrand-Dreizack und der Salz-Löwenzahn / *Taraxacum bessarabicum* als Vollrosettenpflanzen sowie die Salzaster, die Salz-Schwarzwurz / *Scorzonera parviflora* und die Salz-Kresse als Halbrosettenpflanzen. Die grundständigen Blattrosetten dieser Arten – besonders schön an Meerstrand-Dreizack und Meerstrand-Wegerich zu beobachten – sind stets von einem Kranz



Abb. 122: Vergilbte Blätter des Meerstrand-Dreizacks werden außen abgestoßen, während im Inneren der Rosette kontinuierlich junge, salzarme Blätter nachtreiben.

vergilbender Blätter umgeben (siehe Abb. 122). Durch das Fließgleichgewicht zwischen Werden und Vergehen seiner Blätter regelt das Einzelindividuum seinen Salzgehalt insgesamt auf ein tolerierbares Durchschnittsniveau ein. Plakativ ausgedrückt könnte man sagen, dass Rosettenpflanzen gleichsam „dem Salz davonwachsen“.

Gezielte Abgabe von Salz über Drüsenhaare und Drüsen

Auffällige Einrichtungen zur Salzregulation sind spezielle Salzdrüsen, die in vielfacher Ausformung und Gestalt bei Vertretern vieler halophiler Familien vorkommen. Bemerkenswerterweise gibt es trotz des Reichtums an halophilen Arten im Seewinkel (ca. 50 Arten) keine einzige Art mit echten Salzdrüsen. Das Strandmilchkraut / *Glaux maritima* kommt ausschließlich auf den Glaubersalzflächen bei Zwingendorf im Pulkautal vor und erreichte aus unbekannten Gründen nie das Neusiedler-See-Gebiet, und eine häufige Strandflieger-Art der ungarischen Alkalisteppen, *Limonium gmelini*, hat den Sprung über die Grenze auch nicht geschafft. (Angehörige dieser weltweit verbreiteten Familie mit zahlreichen maritimen und binnenländischen Halophyten-Arten haben die komplexest gebauten Salzdrüsen entwickelt). Allerdings gibt es mit der Spieß-Melde und dem Graugrün-Gänsefuß, Angehörige der Familie der Gänsefußgewächse, deren Blätter in ihren frühen Entwicklungsstadien Blasenhaare tragen, die ein auffälliges Merkmal der beiden Gattungen darstellen. Neben einigen anderen Eigenschaften, die als Anpassungseigenschaften an Salz und Trockenheit gelten können, trägt die Wirkung dieser Blasenhaare als Salzdrüsen wahrscheinlich maßgeblich zum weltweiten Erfolg der Gattung *Atriplex* in trockenen Salzgebieten bei.



Abb. 123: Die Blasenhaare von Graugrün-Gänsefuß / *Chenopodium glaucum*. Oben: Gesamtansicht der Pflanze und Einzelblatt; auch ohne Mikroskop erkennt man die Blasenhaare als weißen Überzug auf der Blattunterseite; r. u. Blattquerschnitt, l. u. Aufsicht auf die Blattunterseite. Die sehr zarten Blaszellen werden bei der Präparation leicht beschädigt, an den intakten „Haardrüsen“ erkennt man, dass ihr Stiel aus zwei Zellen besteht; Einzelheiten im Text.

Zunächst soll Abb. 123 diese Blasenhaare demonstrieren. Es sind wenigzellige Haarbildungen der Epidermis (Hautschicht), deren blasenförmige Endzelle sehr viel größer ist als die 1–2 Stielzellen. Diese großen Zellen sind nun nicht – wie der Name suggerieren könnte – mit Luft gefüllt, sondern enthalten einen mächtigen, mit Salzlösung angefüllten zentralen Zellsaft Raum. Der Anteil des an die Außenwand angeprägten lebenden Zellkompartiments, des Cytoplasmas, liegt wahrscheinlich

weit unter 1 %. Unter Vermittlung der als Drüsenzellen fungierenden Stielzellen werden überschüssige Salzionen, Natrium, Chlorid und Sulfat aus dem Blattgewebe in den riesigen Zellsaftstraum der Blasenzone gepumpt. In Blasenhaaren von *Atriplex*-Arten nordamerikanischer Salzwüsten konnten Salzkonzentrationen gemessen werden, die Meerwasser um ein Mehrfaches übertreffen! Bei Überschreiten der tolerierbaren maximalen Salzkonzentration sterben die Haare dann ab und entlassen das Salz auf die Blattoberfläche, wo es auskristallisiert und letztlich weggeblasen bzw. vom Regen abgewaschen wird. Im Gegensatz zu den *Atriplex*-Arten in Salzwüsten, deren Blätter zeitlebens Haare nachbilden, besitzen die Blätter unserer beiden heimischen Arten ihre „Haardrüsen“ – wie man diese Gebilde auch nennen könnte – nur in ihrem Jugendstadium. Der dichte Überzug verleiht besonders der Blattunterseite ein weißfilziges Aussehen, und mit einer Lupe lassen sich die kleinen kugelförmigen Blasen schön erkennen. Kontinuierliches Absterben der Blasenhaare führt jedoch bald zu einer Verkahlung der Blätter, die mit zunehmendem Alter immer dicker, also sukkulenter werden. Die Pflanze wechselt somit ihre Strategie und versucht nun, mittels einer neuen Maßnahme, von deren Bedeutung weiter oben schon die Rede war, ihre blattinterne Salzkonzentration zu regulieren.

Überlebensstrategie auf zellulärer Ebene: Kompartimentierung der Salzionen im Zellsaftstraum (Vakuole) der Blattzellen und Synthese von Stress-Schutzstoffen

Zu Beginn der 70er-Jahre des letzten Jahrhunderts standen die Wissenschaftler, die sich mit Salzpflanzen beschäftigten, vor einem zunächst unauf lösbar scheinenden Rätsel. Auf Basis zahlloser chemischer Analysen war die Tatsache gesichert, dass die Blattgewebe der allermeisten Salzpflanzen hohe Salzgehalte aufweisen. Die dadurch gegebene osmotische Anpassung schien auch plausibel, sicherte sie doch den Pflanzen eine störungsfreie Wasseraufnahme aus einem Milieu, in dem die Verfügbarkeit von Wasser stark herabgesetzt ist. Umso aufregender waren nun neueste biochemische Befunde. Australische Forscher konnten zeigen, dass die Aktivität aller wichtigen, die Lebenstätigkeit der Pflanzen unmittelbar steuernden und als so genannte „Biokatalysatoren“ wirkenden Eiweißkörper (der Enzyme) bereits von einem Bruchteil dieser eben erwähnten analytisch nachweisbaren Salzkonzentrationen stark blockiert wurde. Mit anderen Worten: Wie in allen Pflanzenzellen funktioniert der Stoffwechsel der Halophyten auch nur in Abwesenheit von Salz optimal. Die spannende Frage war also, wie Halophyten an ihrem natürlichen Standort diese beiden sich widersprechenden Sachverhalte in Einklang bringen.

Um die Auflösung dieser Rätselfrage zu verstehen, müssen wir einen kurzen Blick auf den Bau der typischen Pflanzenzelle werfen. In Abb. 124 ist ein allgemeines Zellschema dem mikroskopischen Bild einer Blattzelle der Salz-Kresse gegenübergestellt. Es soll dabei demonstriert werden, dass es in der typischen Pflanzenzelle

unterschiedliche Reaktionsräume (Kompartimente) gibt, die auch sehr unterschiedliche Aufgaben und Eigenschaften haben. Den zentralen Hauptraum der Zelle bildet die wässrige Lösung einer Mixtur aus verschiedensten Substanzen, allen voran sind es anorganische Ionen (Kalium, Magnesium, Calcium, Phosphat, Sulfat, Nitrat etc.), organische Säuren (v. a. Äpfelsäure, Zitronensäure, fallweise auch Oxalsäure etc.) und diverse Zucker (Rohrzucker, Traubenzucker, Fruchtzucker etc.). Darüber hinaus gibt es – oft art- und familientypisch – eine breite Palette unterschiedlichster Inhaltsstoffe, wie biologisch aktive Stoffe einschließlich Gifte, Farbstoffe, Abfallstoffe etc., die der Menschheit zum Teil sehr nützlich sind. Dieses zentrale, zumeist mehr als 90 % des Zellvolumens einnehmende Kompartiment wird als Zellsaftraum (Vakuole) bezeichnet. Es ist ein Reaktionsraum, dessen Hauptaufgabe es ist, zur Sicherung der Wasseraufnahme in die Zelle osmotisch wirksame Stoffe zu speichern. Nach außen schließt sich dann der eigentliche lebende Anteil der Zelle, das Zellplasma (Cytoplasma) an, das infolge des in der Vakuole herrschenden osmotischen Druckes von innen an die Zellwand gepresst wird. Das Cytoplasma ist nach außen (gegen die Zellwand) und nach innen (gegen die Vakuole) durch hochkomplexe Biomembranen abgegrenzt, die den Stoffaustausch mit der Umgebung besorgen.

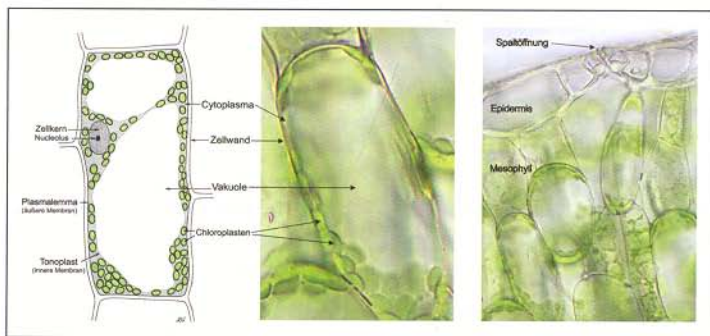


Abb. 124: Zellschema und mikroskopisches Bild einzelner Zellen der Salzkresse; Einzelheiten im Text

Messungen des Gesamtgehaltes an Salz in den Zellen bzw. im Blatt spiegeln auf Grund der absoluten Dominanz (90–95 % des Zellvolumens) der Vakuole stets deren chemische Zusammensetzung wider. Das war die Situation zu Beginn der 70er-Jahre. Auf der Basis von differenzierten Messungen des Salzgehaltes von halophilen Pflanzen in den verschiedenen Kompartimenten der Zelle, v. a. in Vakuole und Cytoplasma, konnte in der Folge nun gezeigt werden, dass die Salzionen vorwiegend in den Vakuolen gespeichert werden, während das lebende Cytoplasma weitgehend salzfrei bleibt! Noch diffizilere Methoden haben weiters ergeben, dass im Cytoplasma gewisse niedermolekulare Verbindungen in erheblichen Mengen synthetisiert und angereichert werden, die als Ersatz für das fehlende Salz den notwendigen osmotischen Ausgleich zur Vakuole herstellen. Ansonsten würde die viel salzreichere Vakuole dem Cytolasma Wasser entziehen und dieses dadurch schädigen. Diese Stoffe treten zudem mit den empfindlichen Biomolekülen im Cyto-

plasma in Wechselwirkung und schützen v. a. die Enzyme gegenüber dem Restsalz im Cytoplasma. Man hat diesem „Stress-Schutzstoffen“ die Bezeichnung „cytoplasmatische Osmotika“ gegeben. Im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch hat sich dagegen die Bezeichnung „*compatible solutes*“ eingebürgert, weil diese Verbindungen auch in hohen Konzentrationen stoffwechselphysiologisch verträglich sind.

Die so auffällig salztoleranten und auch extrem salzreichen Angehörigen der Familie Gänsefußgewächse (Salzmelde, Spieß-Melde, Glasschmalz, Kampferkraut und Gänsefuß-Arten) enthalten reichlich die Stickstoff-haltige Verbindung Glycinbetain. Wahrscheinlich ist dieser offenbar besonders wirksame Schutzstoff ein Grund dafür, dass diese Pflanzenfamilie weltweit an allen Salzstandorten und in Trockengebieten besonders erfolgreich ist. Salz-Kresse und Meerstrands-Dreizack enthalten dagegen massenhaft die Aminosäure Prolin. Auch zuckerähnliche Verbindungen spielen eine Rolle und werden vom Meerstrand-Wegerich und von der Flügel-Schuppenmiere als Schutzstoffe hergestellt. Soweit bisher – auch weltweit – untersucht, finden sich in allen halophilen Höheren Pflanzen derartige cytoplasmatische Schutzstoffe.

C4-Photosynthese-Typen

Als Besonderheiten unserer Halophytenflora sind schließlich zwei bereits erwähnte Arten zu nennen, das Kampferkraut und das Dorngras, die einem speziellen, besonders wassersparenden Photosynthese-Typus angehören. Nach allerneuesten Beobachtungen gehört auch das Pannonien-Zypergras / *Cyperus pannonicus* diesem Stoffwechseltypus an. Es wurde weiter oben bzw. wird an anderer Stelle ausgeführt, dass die zum Aufbau der pflanzlichen Biomasse notwendige Aufnahme von CO_2 über die Spaltöffnungen (siehe Abb. 121) unvermeidbar mit einem Wasserverlust verbunden ist. Pflanzen handeln sich im Normalfall den Aufbau von einem Gramm Biomasse mit einem durchschnittlichen Verlust von etwa 600 g Wasser ein. In diesem „Normalfall“ steuert ein Enzym, die RuBISCO (*Ribulose-Bisphosphat-Carboxylase-Oxygenase*), den Einbau von CO_2 , das relativ ineffizient CO_2 verarbeitet, weil es auch direkt mit Sauerstoff reagiert. Da Phospho-Glycerinsäure, das erste fassbare Photosynthese-Produkt, eine Säure mit drei Kohlenstoff-Atomen ist, werden diese Photosynthesetypen als „C3-Pflanzen“ bezeichnet. Doch die Natur war erfinderisch: So hat sich in zahlreichen pflanzlichen Verwandtschaftskreisen, deren Vertreter sich besonders in Trockengebieten etabliert haben – etwa Gräser und Angehörige der Gänsefußgewächse – unabhängig voneinander eine Photosynthese-Variante entwickelt, bei der die Primärfixierung des atmosphärischen CO_2 von einem viel effizienter arbeitenden Enzym (der *PEP-Carboxylase* = *Phosphoenol-Pyruvat-Carboxylase*) übernommen wurde, das der RuBISCO-Reaktion vorgeschaltet ist. Da das erste fassbare CO_2 -Fixierungsprodukt Oxallessigsäure, eine organische Säure mit vier Kohlenstoff-Atomen ist, werden Pflanzen nach diesem

Stoffwechsellmuster C4-Pflanzen genannt. Die effizientere CO_2 -Fixierung bringt den Vorteil, dass nunmehr zur Bildung von 1 Gramm Biomasse nicht 600 sondern lediglich 300 g Wasser verloren gehen, da die Spaltöffnungen weniger weit offen gehalten werden müssen (also weniger Wasser abgeben), um dieselbe Menge an Kohlenstoff zu binden.

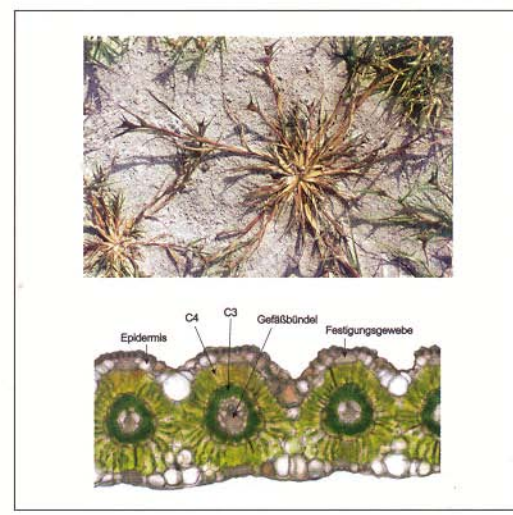


Abb. 125: Standortbild und Blattquerschnitt des Dorngrases; neben der typischen „C4-Struktur“, die auch als „Kranz-Anatomie“ bezeichnet wird, lassen sich auch bei diesem Gras blattversteifende Strukturen, insbesondere die dicken Zellwände der Epidermiszellen gut erkennen.

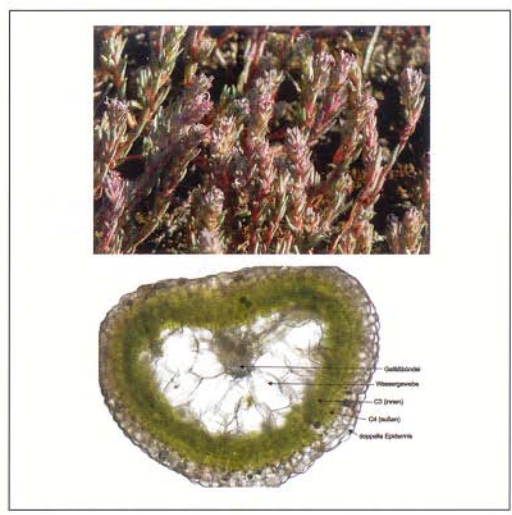


Abb. 126: Kampferkraut; die beiden unterschiedlich agierenden Zellschichten unterscheiden sich nicht sehr deutlich; auffällig ist dagegen das innere, sehr dünnwandige und chlorophyllfreie Wassergewebe (ähnliche Strukturen bei wüstenbewohnenden C4-Arten dieser Pflanzenfamilie sehr häufig).

Die „in Serie“ geschalteten beiden CO_2 -Fixierungs-Reaktionen lassen sich an den Blattquerschnitten auch anatomisch zuordnen (Abb. 125 und 126): In der äußeren Gewebepartie – im Mesophyll – in direkter Verbindung zur Außenluft über die Spaltöffnungen spielt sich die primäre C4-Fixierung ab. Die gebildete Oxalessigsäure wird ins Blattinnere geleitet, beim Dorngras in die deutlich größeren und dunkler gefärbten Zellen rund um die Gefäßbündel, beim Kampferkraut in den nicht so auffällig verschiedenen inneren Gewebssring. In den Zellen dieser in den beiden Abbildungen als „C3“ bezeichneten inneren Gewebsschichten wird aus der zugeleiteten Oxalessigsäure CO_2 wiederum freigesetzt, durch die RuBISCO erneut gebunden und letztendlich über einen komplizierten Kreisprozess (Calvin-Zyklus) zu wertvollen Kohlenhydraten umgewandelt. Die Lichtreaktion der Photosynthese, an der maßgeblich das Chlorophyll beteiligt ist, liefert die dazu notwendige Energie.

In Hinblick auf die schon mehrfach erwähnte enge Verknüpfung von Wasser- und Salzhaushalt nimmt es nicht wunder, dass sich C4-Pflanzen auch an unseren

Salzstandorten finden. Der Vorteil besteht darin, dass sich das passive Mitschleppen von Salz mit dem Betriebswasser aufgrund des herabgesetzten Wasserumsatzes – wie oben erläutert – ebenfalls verzögert.

Naturschutz

Nach negativen Entwicklungen, vor allem aufgrund einer einseitigen modernisierten und kommerzialisierten Landwirtschaft, gingen im Seewinkel im Laufe des 20. Jahrhunderts wertvolle Lebensräume – nicht nur Salzlacken und Salzflächen, sondern auch letzte Reste ehemals ausgedehnter Hutweiden – verloren. Zum Glück wurden schon relativ früh die wichtigsten Salzlacken mit den anschließenden Salzböden im westlichen Teil des Seewinkels unter Naturschutz gestellt, und es folgten – dank einer Initiative des WWF – die östlichen Flächen mit der Langen Lacke und den angrenzenden Pusztaflächen. Mit der Etablierung des Nationalparks Neusiedler See – Seewinkel gegen Ende des vorigen Jahrhunderts setzte schließlich eine in vielfacher Hinsicht erfreuliche Aufwärtsentwicklung ein, auf die an anderer Stelle eingegangen wird (siehe S. 86ff.). Die sorgfältig durchgeführten und wissenschaftlich begleiteten Management-Maßnahmen zur Restaurierung der traditionellen extensiven Weidelandschaften spielen dabei eine ganz wesentliche Rolle für die Lebensgemeinschaften auf Salzflächen. Nur dadurch kann auf Dauer einem Zuwachsen durch Verschilfung gegengesteuert werden, sodass offene Lackenränder sowie eine kleinräumig strukturierte Salzsteppenlandschaft, die für viele seltene und gefährdete Tiere und Pflanzen die notwendigen Lebensgrundlagen bieten, erhalten bzw. flächenmäßig noch erweitert werden. Langfristiges Monitoring hat sogar Hinweise auf eine Zunahme der organismischen Biodiversität auf diesen Flächen ergeben. Wir dürfen also hoffen, dass die typische Seewinkel-Landschaft, die von ganz besonderer Prägung und ohne Vergleich in ganz Europa ist, langfristig erhalten bleibt.

Literatur

- ALBERT, R. (1982): Halophyten. In: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel (Hrg. H. Kinzel), 33–204. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BAUER, K. (1960): Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich). Bonner Zool. Beitr. 11. 344 pp.
- BAUER, K., R. LUGITSCH & H. FREUNDL (1955) Weitere Beiträge zur Kenntnis der Vogelwelt des Neusiedlersee-Gebietes. Wiss. Arb. Burgenland 7: 1–123.
- BRAUN, B. (2008): Der Brutbestand des Seeregenpfeifers (*Charadrius alexandrinus*) im Seewinkel im Jahr 2007. – pp. 31–38 in: Ornithologisches Monitoring im Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel (Nationalparkprojekt NP25). Bericht über das Jahr 2007. BirdLife Österreich, Wien.
- DVORAK, M., A. RANNER & H.-M. BERG (1993): Atlas der Brutvögel Österreichs. Ergebnisse der Brutvogelkartierung 1981–1985 der Österreichischen Gesellschaft für Vogelkunde. Umweltbundesamt, Wien. 527 pp.

- FRANZ, H. & G. HUSZ (1961): Die Salzböden und das Alter der Salzböden im Seewinkel. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges. 6.
- FRÜHAUF, J. (2005): Rote Liste der Brutvögel (Aves) Österreichs. – pp. 63–165 in: ZULKA, K. P. (Red.): Rote Listen gefährdeter Tier Österreichs, Teil 1: Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter. Böhlau Verlag, Wien, Köln, Weimar. 406 pp.
- FRÜHAUF, J. (2005): Rote Liste der Brutvögel (Aves) Österreichs. – pp 63–165 in: Zulka, K. P. (Red.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs, Teil 1: Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter. Böhlau Verlag GesmbH, Wien, Köln, Weimar. 406 pp.
- HANCOCK, J. A., J. A. KUSHLAN & M. P. KAHL (1992): Storks, Ibises and Spoonbills of the World. Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto. 382 pp.
- KOHLER, B. & G. RAUER (2009): Bestandsgrößen und räumliche Verteilung durchziehender Limikolen im Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel in den Jahren 1995–2001. Egretta 50: 14–50.
- LABER, J. (2003): Die Limikolen des österreichisch/ungarischen Seewinkels. Egretta 46: 1–91.
- LÖFFLER, H. (1982): Der Seewinkel – Die fast verlorene Landschaft. Verlag Niederösterreichisches Pressehaus St. Pölten, Wien. 160 pp.
- MME Nomenclator Bizottság (2008): Nomenclator avium Hungariae. An annotated list of the birds of Hungary. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest.
- NEMETH, E. (2008): Monitoring der Reiher und Löffler des Neusiedler See-Gebiets im Jahr 2007. – pp 3–8 in: Ornithologisches Monitoring im Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel (Nationalparkprojekt NP25). Bericht über das Jahr 2007. BirdLife Österreich, Wien.
- PELLINGER, A. (2003): A széki lile / *Charadrius alexandrinus* vonulása és fészkelése Mekszikópusztán. Nesting and migration of the Kentish Plover / *Charadrius alexandrinus* at Mekszikópuszta in the Fertő/Neusiedler See region. Aquila 109–110: 81–85.
- SPITZENBERGER, F. (2002): Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des Bundesminist. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 13. 895 pp.
- Umweltbundesamt GmbH (2006): Salzlebensräume in Österreich. UBA Eigenverlag. 216 pp.
- WENDELBERGER, G. (1951): Zur Soziologie der kontinentalen Halophytenvegetation Mitteleuropas unter besonderer Berücksichtigung der Salzpflanzengesellschaften des Neusiedlersees. Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. wiss. Kl. 108, 180 pp.
- WAITZBAUER W., I. KORNER & T. WRBKA (2008): Vegetationsökologisches und faunistisches Beweidungsmonitoring im Nationalpark Neusiedlersee – Seewinkel 2000–2006. Abhandl. d. Zoolog.-Bot. Ges. in Österreich, Bd. 37.