©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

LIMNOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR AKTUELLEN SITUATION DER SALZLACKEN IM BURGENLÄNDISCHEN SEEWINKEL

Rudolf Krachler*, Regina Krachler, Evelin Milleret** und Wolfgang Wesner****

****Institut für Anorganischen Chemie der Universität Wien, Währingerstrasse 42, 1090 Wien**
***Institut für Zoologie (Abteilung Limnologie) der Universität Wien, Althanstrasse 14, 1090 Wien**

1. Einleitung

Der alarmierende Rückgang der für den Seewinkel charakteristischen Salzböden und damit verknüpft der Halophytengesellschaften und der entsprechenden salzliebenden Fauna, sowie parallel dazu ein fortschreitender Prozeß der Verlandung von Salzlacken wurde wiederholt dokumentiert. (HERZIG 1993, MILASOWSKY et al. 1994).
Eine genaue Kenntnis der Ursachen dieser Veränderungen ist erforderlich, um dieser Entwicklung gegensteuern zu können bzw. die Frage beantworten zu können, inwieweit der Prozeß der Verlandung der Seewinkellacken reversibel ist und durch geeignete Maßnahmen im Rahmen des Nationalparkmanagements rückgängig gemacht werden könnte.
Durch die Errichtung des Einserkanals 1910, an die sich 1920 der Ausbau eines Kanalnetzes anschloß, wurde in den Wasserhaushalt der meisten Seewinkellacken eingegriffen. In der Folge begann ein rapides Lackensterben, das sich bis in die heutige Zeit fortsetzt und nur noch einen kleinen Teil der ursprünglichen Seewinkellandschaft übriggelassen hat.
Das Lackensterben wiederholt sich nach einem stets sehr ähnlichen Muster: Eine noch intakte Lacke fällt in niederschlagsarmen Jahren langfristig trocken. Vom Ufer her vordringende Vegetation bewächst den Lackenboden, bis dieser unter einer geschlossenen Vegetationsdecke verschwindet. (DICK et al. 1994).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Bei dieser Vegetationsdecke handelt es sich bemerkenswerterweise nie um Halophytengesellschaften. Es sind salztolerante Rasengesellschaften (Landreitgrasbestand) oder Schilfbestände.

Auf diese Weise verschwanden in den letzten Jahrzehnten, und zwar samt den Halophytengesellschaften ihrer Ufer, unter anderem die Gansellacke, Grundlacke, Westliche Ochsenbrunnlacke, Xixsee, Huldenlacke, Götschlacke, St. Andräer Heidelacke, beide Schrändlseen etc. etc..Und obwohl in all diesen Lacken (sofern sie nicht ausgebaggert wurden wie die Grundlacke) die Hohlformen, also die wasserundurchlässigen Lackenmulden mit ihren charakteristischen Uferhängen sowie der "salzführende Horizont" noch vorhanden sind, können auch niederschlagsreiche Jahre keine Regeneration bewirken. (DICK et al. 1994).

Betrachtet man die Geschichte des Seewinkels, so drängt sich die Vermutung auf, daß es einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der in den letzten 100 Jahren durchgeführten künstlichen Entwässerung des Gebietes einerseits und dem fortschreitenden Verschwinden der Salzböden und Salzlacken andererseits geben müßte. Husz, der 1962 noch die Melioration der Salzböden des Seewinkels als erstrebenswertes Ziel vor Augen hatte (HUSZ 1962), empfahl bezeichnenderweise auch eine "wirksame Beseitigung des Frühjahrswassers", also des Grundwasserhochstandes im Frühjahr und Frühsommer als geeignete Maßnahme zur Aussüßung der Salzböden.

Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen der Regulierung des Grundwasserspiegels und der Verschiebung im Salzgehalt der Lacken und Böden bisher keineswegs ausreichend verstanden. Besonders vordringlich scheint die Klärung der Frage, ob ein im Frühjahr und Frühsommer hoher Grundwasserstand für die Erhaltung der Lacken und ihres besonderen Charakters (Salzgehalt, Trübe, Vegetationsarmut) eine wichtige Rolle spielt oder nicht. (DICK et al. 1994).
Die vorliegende Arbeit faßt Ergebnisse langjähriger limnochemischer Studien an Seewinkellacken, vor allem an der Ochsenbrunnlacke und an der ehemaligen Legerilacke, an der Langen Lacke und den Wörthenlacken sowie am Xixsee-Kanal zusammen. Gemeinsam mit Labormodellversuchen zum Salzhaushalt von bereits verlandeten und von intakten Lacken ergibt sich ein Bild, das Salzhaushalt, Aussüßung und Verlandung gut verstehen läßt.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

2. Kurze zusammenfassende Darstellung der heute anerkannten Theorien zu Entstehung und Bau der Salzlacken

Bis vor etwa 17 Millionen Jahren zog sich über das heutige Neusiedlerseegebiet hinweg der alpin-karpatische Gebirgsbogen, der die Zentralalpen mit der Zentralzone der Karpaten verband. Danach erfolgte der Niederbruch dieses Gebirges, es versank samt seinen Gipfeln und Tälern. Heute liegt im Gebiet der Langen Lacke die ehemalige Gipfelflur der Zentralalpen unter einer 1000-1400 m mächtigen jungtertiären Schichtfolge (STEINER 1997).

Im Baden und Sarmat und bis zum Beginn des Mittelpannons war das Neusiedlerseegebiet ein Inselarchipel mit seichten Meesresarmen eines warmen tropischen Meeres. Die Hainburger Berge, das Leithagebirge und der Ruster Hügelzug ragten als Inseln aus dem Meer.

Vom Mittelpannon an, vor 11 Millionen Jahren, versanken die östlich des Leithagebirges und des Ruster Hügelzugs gelegenen Inseln und Untiefen im nunmehr halbbrackischen pannonischen Meer, das im Laufe der Jahrmillionen einem Aussüßungsprozeß unterlag. Vor 5 Millionen Jahren ging die Periode der tertiären Meeres- und Seenbedeckung im Neusiedlerseegebiet zu Ende. Im Pliozän begann eine für die Geschichte des Neusiedlerseegebiets wichtige Bruchtektonik, es entstanden der Neusiedler Bruch und der Mönchhofer Bruch (TAUBER 1959).

Die Wanne des Neusiedlersees wird von lebhafter Bruchtektonik durchzogen, deren Aktivität bis in das jüngste Pleistozän hineinreicht (entsprechend einer nacheiszeitlichen Entstehung des Neusiedlersees durch Absenkung vor 12 000 bis 10 000 Jahren).

Das östlich des Neusiedlersees entwickelte NO-SW orientierte Bruchsystem (Mönchhofer Bruch) ist etwa 5 Millionen Jahre alt. Zwischen dem Mönchhofer Bruch und dem östlichen Seeufer bestehen aufgrund geophysikalischer Befunde Anzeichen für das Vorhandensein eines weiteren, dem Seeufer annähernd parallelen Bruchsystems. (FRITSCH und TAUBER 1959).

An der Basis der tertiären Ablagerungen liegen marine Sedimente, die große Mengen von in Sedimentporen eingeschlossenem fossilem Meerwasser enthalten. Tatsächlich befindet sich im Gebiet Neusiedlersee-Seewinkel die größte Mineralwasserlagerstätte Europas (FRITSCH und TAUBER 1959). Entlang der Bruchsysteme steigen salzhaltige Tiefenwässer, im Laufe der Zeit geochemisch verändert, in die obersten tertiären Schichten hoch und dringen

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

auch in den im darüberliegenden quartären Flußschotter vorhandenen rezenten Grundwasserstrom ein.

Dies ist die Ursache für die hohe Mineralisation vieler Grundwässer im Seewinkel (TAUBER 1959). Man kann annehmen, daß das Vorkommen von Salzböden und Salzlacken auf das Auftreten hochmineralisierter Grundwässer zurückzuführen ist und daher auch an den Verlauf der Bruchlinien gebunden ist, bzw. an den Verlauf von Synklinen, in denen sich hochkonzentrierte Salzwässer angesammelt haben. Nach Angaben von Tauber (TAUBER 1959) kreuzt die Illmitzer Synkline das System Lange Lacke – Wörtenlacken, während der Möchhofer Bruch, der sich vom Sandeck über Illmitz nach Mönchhof zieht, ziemlich genau unter der Ochsenbrunnlacke verläuft.

Die Mineralwässer entstanden vermutlich, indem eiszeitlich gebildetes Grundwasser das syngenetisch mit den Meeressedimenten abgelagerte NaCl und Na2SO4 auslaugte. Der hohe NaHCO3 – Gehalt läßt sich dadurch erklären, daß die Sedimente teilweise im Mündungsbereich von Flüssen entstanden sind. Dabei kamen Na+ beladene Tone zur Ablagerung. Tonpartikel sind wirksame Kationenaustauscher. Der Fluß brachte mit Mg2+ und Ca2+ beladene Tonpartikel, die im Kontakt mit Meerwasser infolge des sehr hohen Natriumionen-Angebots mit Na+ beladen wurden. Ca2+ und Mg2+ - Ionen wurden freigesetzt und in Form von löslichem CaCl2 bzw. MgCl2 fortgespült. Anionenaustauscher, die mit Cl- hätten beladen werden können, waren kaum vorhanden, sodaß vom Meersalz nur das Na+ im Sediment übrigblieb. Das diese Sedimente auslaugende Grundwasser wiederum war eine normale Festlands-Verwitterungslösung und enthielt vor allem Ca(HCO3)2 und Mg(HCO3)2. In der Desorption der Natriumionen durch kalziumbetonte süße Wässer sieht Voigt (VOIGT 1990) die Ursache für die Bildung der NaHCO3 – Wässer.

Die Salzlacken des Seewinkels lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Erstens die Lacken entlang des Ostufers des Neusiedlersees, die durch Abschnürung einstiger Seeteile mit der Bildung des Seedammes entstanden sind (STEINER 1997). Ihr Untergrund besteht aus jungtertiären Süßwassersedimenten und enthält keine quartären Flußschotter.

Zweitens die Lacken des zentralen Seewinkels. Diese seichten Lackenwannen befinden sich eingesenkt in die quartären Flußschotterablagerungen. Sie weisen einen einheitlichen, komplizierten und äußerst fragilen Bau auf und haben eine lange Entstehungsgeschichte, die in die letzte Zwischeneiszeit (Riß/Würm) zurückreicht (RIEDL 1965).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Die Schotterebene des Seewinkels entspricht dem morphologischen Niveau der würmeiszeitlichen (100 000 J. – 10 000 J.) Niederterrasse (STEINER 1997). Im Gebiet der zentralen Seewinkellacken liegen ältere Schotter (rißzeitlich – Gänserndorfer Terrasse) unter den Würmschottern (FRASL 1961). Diese wiederum liegen den jungtertiären Sanden auf.

Die Seewinkelschotter führen den obersten Grundwasserhorizont des Gebietes. Die Mächtigkeit der quartären Schotterauflage ist im Gebiet der Langen Lacke 7 -–10 m.

Vieles spricht dafür (FRANZ und HUSZ 1961), daß im Riß/Würm Interglazial der "salzführende Horizont", also das wasserundurchlässige Material der Lackenwannen, als Sediment eines flachen Salzsees entstanden ist, in den immer wieder Löß eingeweht oder eingeschwemmt wurde. Die Salzversorgung dieses Gewässers stammte aus den hochmineralisierten Grundwässern des Gebietes. Damals wie heute muß ja der Schotterkörper große Mengen von Grundwasser enthalten haben, in welches Salzquellen aus dem tertiären Untergrund mündeten. In Phasen teilweiser Austrocknung des Sees erfolgte durch kapillaren Aufstieg eine starke Anreicherung wasserlöslicher Salze im Sediment. Der eingewehte silikatische Staub reagierte chemisch mit der NaHCO3 – haltigen, stark basischen Lösung. Im Zuge der alkalischen Verwitterung der silikatischen Minerale wurden beträchtliche Mengen von Kieselsäure und Natriumsilikat freigesetzt, was die Wasserdurchlässigkeit des Sediments stark herabsetzte. Salzausblühungen an der feuchten Sedimentoberfläche des Sees im ausgetrockneten Zustand waren sogar imstande, eingespülte, an der Oberfläche liegende Kiesel physikalisch zu verwittern, indem die hochkonzentrierte Salzlösung in feinste Risse der Quarzkiesel eindrang und beim Austrocknen unter Volumszunahme auskristallisierte. Dadurch sprangen Splitter ab, die sich anschließend in der basischen Lösung auflösten und als kolloidale Kieselsäure ausflockten.

Man kann im Seewinkel auch heute noch beobachten, daß Quarzkiesel, die an extremen Salzstellen an der Oberfläche liegen, stark korrodiert sind. (Fundorte solcher Kiesel sind z.B. die ehemalige Legerilacke und der Obere Stinkersee.)

Der hohe Gehalt an einwertigen Kationen, vor allem Na+, gegenüber dem Gehalt an zweiwertigen Kationen (Mg2+ und Ca2+) in der Porenlösung hat eine stark dispergierende Wirkung auf die kolloidalen Tonteilchen. Dies bewirkt die speziellen Eigenschaften des "salzführenden Horizonts": 1.) Er ist praktisch vollkommen wasserdicht. 2.) Er enthält infolge der Feinkörnigkeit

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

und des hohen Dispersionsgrades kapillare Hohlräume mit besonders geringem Durchmesser. Je kleiner der Durchmesser der kapillaren Hohlräume in einem Boden ist, desto höher ist der Anstieg von Menisken in den Kapillaren. D.h. der "salzführende Horizont" ist gleichzeitig besonders dicht gegenüber Wasser, das hydrostatischen Druck ausübt, und besonders gut leitend gegenüber Wasser, das kapillarem Hub unterliegt.

Die kapillare Aufstiegshöhe liegt bei Tonböden im Bereich mehrerer Meter (GISI 1990), und dies gilt auch für den "salzführenden Horizont", wogegen im darunterliegenden grobkörnigen Sand und Kies des Grundwasserleiters die Aufstiegshöhe nur wenige Dezimeter beträgt. Da die Schwemmlößschicht am Grund des interglazialen Salzsees weniger mächtig war als die maximal mögliche kapillare Aufstiegshöhe, bewirkte ein Kontakt des salzhaltigen Grundwassers mit der Unterseite des Schwemmlößhorizonts, daß große Mengen Grundwasser hochgepumpt wurden, sobald an der Oberfläche Verdunstung erfolgte.

Daß extreme Salzanreicherung bereits im Riß/Würm Interglazial erfolgte, ist auch dadurch bewiesen, daß direkt über dem "salzführenden Horizont" ein fossiler Humushorizont gefunden wurde, der reichlich Pollen von Salicornia enthielt (FRANZ und HUSZ 1961, Seite 74). Das interglaziale Alter dieses Humushorizonts ist durch das darin befindliche Pollenspektrum eindeutig erkennbar.

Der "salzführende Horizont" blieb überall dort bewahrt, wo sich die würmzeitlichen Flußsysteme in die rißzeitlichen Donauschotter nicht mehr eingeschnitten haben. Zu Beginn der würmzeitlichen Bodengefrornis war der ausgetrocknete ehemalige große Salzsee wahrscheinlich zu einem Mosaik von Polygonsümpfen, Seggenflächen und Thermokarstseen geworden. Diese kleinen Seen entstanden dort, wo durch das Abwärtswachsen des Dauerfrostbodens das Grundwasser unter erhöhten Druck geriet, austrat und sich oberflächlich auf dem "salzführenden Horizont" ansammelte. Im Winter kam es dann dort durch die reichliche Grundwasserversorgung zur Eislinsenbildung (RIEDL 1965). Diese läßt sich wie folgt erklären: Zu gefrierenden Bodenlagen bewegt sich das Wasser entlang eines Tensionsgradienten. Dadurch werden die gefrierenden Lagen mit Wasser angereichert, während die darunter folgenden Lagen verarmen. Bei langsamem Gefrieren führt dies zur Bildung von Eislamellen bzw. Eislinsen. Im periglazialen Klimaraum kann man Derartiges auch heute beobachten. Im Mackenzie-Delta Nordkanadas bildeten sich z.B. unter ständiger Grundwasserzufuhr innerhalb von 1000 Jahren auf diese Weise bis zu 45 m hohe und 600 m breite Pingos (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1998).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Unsere würmzeitlichen Eislinsen hatten bereits die Ausdehnung der heutigen Lackenböden und bedeckten schützend den "salzführenden Horizont" In den kurzen Sommern der Kaltzeit wurden sie von den Flußarmen, die nun den ehemaligen Seeboden durchströmten, umflossen. Das fließende Gewässer war bestrebt, sich seitlich in die gewölbten Eisflächen einzunagen und dort das mittransportierte Schottermaterial abzulagern.Durch die Schüttung gegen die Ränder dieser Eisinseln im Fluß wurden die heutigen charakteristischen Uferhänge der Lacken herausgebildet. Bei warmzeitlichen Abschmelzvorgängen sammelte sich das Material der Schotter- und Kiesschleier, welches die Eiskappen überlagerte, nach dem Abschmelzen des Eises am Lackenboden an. Nach dem Abschmelzen kam es erneut zu Löß-und Sandeinwehungen, und die Lackenhohlformen waren möglicherweise zeitweilig durch Sand- und Staubpfropfen verschlossen, die schließlich durch den Wind ausgeblasen wurden (LÖFFLER 1959).

Der "salzführende Horizont" ist heute nur etwa 0.5 bis 1.0 m mächtig. Die gesamte Hohlform ist nur wenige Meter eingetieft. Der eigentliche Lackenboden ist wasserundurchlässig, er besteht eben aus dem "salzführenden Horizont". Die Lackenuferhänge bestehen jedoch aus Schotter, sodaß bei ausgeprägten Grundwasserhochständen ursprünglich in alle Lacken Grundwasser einströmte. Infolge der Grundwasserspiegelabsenkung geschieht dies derzeit nur bei den tiefer gelegenen Lacken, z.B. bei der Langen Lacke (KRACHLER 1993, STEINER 1997).

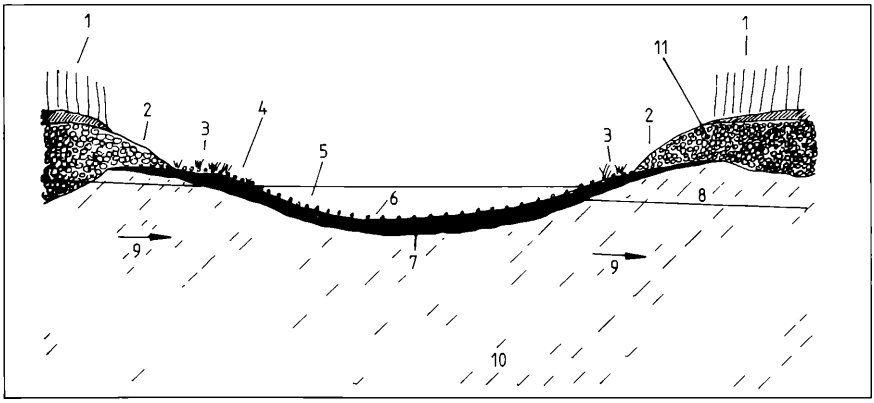

Abb. 1 zeigt schematisch den Bau der so entstandenen Salzlacken.

Aus dem oben Ausgeführten geht hervor, daß die Salzlacken des zentralen Seewinkels Reste eiszeitlicher Kleinstrukturen sind, und daß sie in ihrer heutigen Form seit dem Abschmelzen des Eises, also seit ungefähr 10 000 Jahren existieren.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Dies ist ein Befund, der uns eine sehr ungewöhnliche Situation vor Augen führt: Seit 10 000 Jahren bestehen unverändert diese ganz kleinen, ganz flachen, sehr nährstoffreichen endorheischen Gewässer.

Stehende Tieflandgewässer dieser Dimensionen können in Mitteleuropa gewöhnlich nicht älter als einige Jahre oder Jahrzehnte werden. Jahr für Jahr bildet sich anorganisches Sediment, z.B. aus biogener Entkalkung, sowie vor allem organisches Sediment aus den abgestorbenen Resten der Pflanzen- und Tierwelt. Dieser "Organismenregen" sinkt auf den Grund des Gewässers und kann infolge des dort herrschenden Sauerstoffmangels nicht oxidativ abgebaut werden. Der Abbau unter den reduzierenden Bedingungungen im Sediment erfolgt sehr langsam, wesentlich langsamer als die Nachlieferung neuen organogenen Schlamms und Torfs. Die Hohlform füllt sich auf, was die Wassertiefe immer mehr verringert. Da die Artenzusammensetzung der Wasser- und Ufervegetation der Wassertiefe entspricht, führt das zu einer zentripetalen Verschiebung der einzelnen Pflanzengesellschaften und schließlich zum Verschwinden des Gewässers (Verlandung).

Die grundlegende Frage zum Fortbestand der Lacken des Seewinkels lautet also nicht: Warum verlanden die Lacken heute? Sondern: Wie läßt es sich erklären, daß sie 10 000 Jahre lang nicht verlandet sind? Daß sie sogar die gewaltigen Klimaschwankungen in diesem Zeitraum unbeschadet überstanden haben?

Es handelt sich dabei jedenfalls um eine Gratwanderung der Natur. Also um einen sehr unwahrscheinlichen, metastabilen Zustand, der trotz aller Robustheit gegenüber natürlichen Klimaschwankungen als äußerst fragil zu betrachten ist.

Relativ geringfügige zivilisatorische Eingriffe führen zu einer Verschiebung empfindlicher Parameter, sodaß das System von seinem Grat heruntergestoßen wird in den viel wahrscheinlicheren Zustand der Verlandung und des Verschwindens der Gewässer.

3. Allgemeine Überlegungen zum Verlanden von Seewinkellacken

Man hat über dem Plattensee in Ungarn den windtransportierten anorganischen Staub, bestehend vor allem aus Silikaten und Karbonaten, gesammelt (MÜLLER 1969) und die sich jährlich im Plattensee ablagernde Staubschicht auf 0.57 mm berechnet.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Setzt man voraus, daß die Verhältnisse im Seewinkel vergleichbar sind, dann wäre in den letzten 10 000 Jahren 5.7 m anorganischer Staub in die Lacken eingeweht worden. Damit wären diese längst aufgefüllt. Dazu kommen noch oberflächlich eingespültes Tonmaterial und autochton gebildete Sedimente durch biogene Entkalkung (Primärausscheidung von Mg-Calcit, der sich mit der Zeit in Protodolomit umwandelt) und durch die Ablagerung von Kalkschalen und Kieselsäurepanzern von Organismen.

Dies beweist die enorme Bedeutung der Deflation. Die Lacken müssen in regelmäßigen Abständen austrocknen, der Wind muß das feinkörnige Sediment hochwirbeln und wegtransportieren. Während der "Salzstürme" in großen Dürreperioden werden nicht nur die wasserlöslichen Salze ausgeblasen, sondern auch das seit der letzten Austrocknungsphase neugebildete anorganische Sediment wird im Wesentlichen aus der Lackenwanne entfernt, und es bleibt nur der "salzführende Horizont" übrig, der infolge des hohen Salzgehalts seines Porenwassers und vor allem auch infolge des sehr geringen Durchmessers seiner Kapillaren einen sehr geringen Gleichgewichts-Wasserdampfpartialdruck besitzt. Dadurch gibt er sein Wasser nur zögerlich ab, die Verdunstungsrate ist gering. Solange das Grundwasser hoch genug steht, fördern die in diesem Material so besonders wirksamen Kapillarkräfte mit ausreichender Geschwindigkeit Wasser an die Oberfläche. (D.h. die Kompensationsebene, für die gilt: vv = vw, Geschwindigkeit der Verdunstung = Geschwindigkeit der Wassernachlieferung, liegt nahe der Oberfläche.) In einer solchen Situation blüht Salz ständig aus und wird verweht, der alte Schwemmlöß des "salzführenden Horizonts" bleibt dabei bis an die Oberfläche feucht und kompakt und kann nicht mitverweht werden.

Es gilt für die Lacken im Prinzip dasselbe wie für den Neusiedlersee: Man findet im Neusiedlersee die seit der letzten Austrocknungsphase 1864-1870 gebildeten rezenten Sedimente direkt über den jungtertiären Süßwassersedimenten (bzw. über den Sedimenten eines späteiszeitlichen Sees im Nordteil), deren Porenwasser ebenso wie der "salzführende Horizont" hohe Salzkonzentrationen enthält.(LÖFFLER 1971, BLOHM 1974, BOROVICZENY et al. 1990). Wie ist der See die postglazialen Sedimente losgeworden, die ihn bestimmt aufgefüllt hätten? Zum Teil sind sie durch zahlreiche Überflutungen in östlichen bis südöstlichen Regionen abgelagert worden, zu einem wichtigen Anteil müssen sie aber wohl ausgeblasen worden sein, da sie ja quantitativ entfernt wurden und nirgends im heutigen Seebecken mehr ein Rest von ihnen zu finden ist.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Die sowohl den Neusiedlersee als auch die Seewinkellacken betreffenden Austrocknungsphasen traten in ziemlich regelmäßigen Abständen auf (vermutlich mehrmals pro Jahrtausend, zuletzt 1740, 1773, 1812, 1864 – 70) und hatten immer die Eigenschaft, daß trotz der Dürre der Grundwasserstand sehr hoch blieb, sodaß eine ständige Wasserversorgung aus dem Untergrund gegeben war. Diese Austrocknungsphasen garantierten das Fortbestehen des Seebeckens und der Lackenwannen.

Die eingangs erwähnten rezenten Austrocknungsphasen von Seewinkellacken haben einen ganz anderen Charakter. Während die früheren Austrocknungsphasen starke Salzanreicherung und damit verbunden ein vollständiges Zurückdrängen der Vegetation bewirkten, sodass der Wind die Lackenwannen freiblasen konnte, erfolgt in heutigen Austrocknungsphasen eher Aussüßen der Lackenbodenoberfläche und Vordringen der Vegetationsdecke in die Lackenwanne.

Der Unterschied besteht in der aktuellen hochwirksamen Entwässerung des Gebiets.

In Zeiten vor der Entwässerung erhielten alle Lacken mit den Frühjahrshochwässern Grundwasser-Dotation, sodass die Lackenwasserstände generell höher waren und ausgedehnte Austrocknungsphasen nur in außergewöhnlich trockenen und heißen Jahren mit sehr hohen Oberflächenverdunstungsraten auftraten, wie sie im 20. Jahrhundert niemals vorgekommen sind. Trotz der enormen Oberflächenaustrocknung, die das flach wurzelnde Pflanzenkleid im Uferbereich der Lacken weitgehend vernichtet haben muß, waren damals die aus feuchten Jahren stammenden Grundwasservorräte reichlich vorhanden. Die Flurabstände blieben relativ gering, auch nach mehreren Jahren Dürre. Der kapillare Aufstieg hochmineralisierter Grundwässer und verbunden damit das Feuchtbleiben des "salzführenden Horizonts" waren über lange Dürreperioden hinweg gewährleistet.

Heute spielt ein- oder durchströmendes Grundwasser für die Wasserbilanz der Lacken nur mehr eine untergeordnete Rolle. Die Lackenwasserstände hängen im Wesentlichen nur mehr von den Niederschlägen ab, die direkt auf die Gewässeroberfläche fallen und sich über dem wasserundurchlässigen "salzführenden Horizont" stauen. Daher kommt es zu langen Austrocknungsphasen sogar in Jahren, die verglichen mit den früheren Dürreperioden keinesfalls katastrophal trocken zu nennen sind. Die Pflanzendecke des Uferbereichs findet durchaus noch genug Feuchtigkeit, um sich gut entwikkeln und sich über einen trockengefallenen Lackenboden

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

schieben zu können. Dies geschieht vor allem, wenn die Grundwasseroberfläche so weit absinkt, dass der Schwemmlöß an seiner Basis wasserungesättigte Bedingungen vorfindet. Denn dann reißt der kapillare Strom ab, der bis dahin unermüdlich im trockengefallenen Lackenboden Salzwasser nach oben beförderte.

Das "Austrocknen von unten her" führt zu der paradox anmutenden Situation, dass Salzausblühungen im Bereich der Lackenränder an relativ kühlen Tagen durchaus zu beobachten sind (vorausgesetzt, das Sediment wurde kurz vorher durch den Regen befeuchtet, wie z.B. im März 1999 bei einer Lufttemperatur von 10°C), während an heißen Sommertagen nirgends Salz zu sehen ist. Im Gegenteil, man gewinnt den Eindruck, daß der trockene Boden im Sommer zusehends aussüßt. Dies ist auch tatsächlich der Fall. Kommt es nach heißen Tagen zu Regenfällen, so saugt der trockene Schwemmlöß das Niederschlagswasser kapillar in sich ein, und mit diesem Wasser auch die an der Oberfläche liegenden Salze. Dieser von oben nach unten gerichtete Wasserstrom führt zu einer oberflächlichen Aussüßung, zu einem Transport von Salz in die Tiefe, sodaß die durch den Regen ausreichend mit Süßwasser versorgten Pflanzen der Ufervegetation es wagen können, der sich zurückziehenden Lacke Schritt für Schritt in Richtung des Lackenzentrums nachzufolgen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang das Phänomen der "pulsierenden Lacke". Solange die Salzlacke nämlich noch zu einem Teil besteht, vermag sie das verlorene Terrain rasch wiederzuerobern. Kaum steigt durch bedeutendere Regenfälle ihr Wasserstand, so tötet die Uberflutung mit dem durch Auslaugung der obersten Schicht des "salzführenden Horizonts" sofort basischen, salzhaltigen Lackenwasser die Vegetation rasch ab. Solang das Verhältnis Torfmasse/Lackenwassermasse noch nicht allzu ungünstig ist, vermag die Lacke das tote organische Material zu remineralisieren, sodaß alle Pflanzenreste und der gebildete organische Boden bald spurlos verschwunden sind. Die Lacke hat sich in ihrer ursprünglichen Ausdehnung regeneriert.

Zum Beispiel war die Ochsenbrunnlacke am 23. 5. 1999 bei hohem Wasserstand viel dunkler gefärbt als sonst, da sie eine Menge Torf aus der "pulsierenden Ufervegetation" aufarbeiten mußte.

Ist der Lackenboden durch allzulanges Trockenliegen allerdings bereits vollkommen von einer Vegetationsdecke überzogen, so hat das Pulsieren ein Ende. Auch ergiebige Niederschläge können die Lacke nicht regenerieren. Es entsteht Stauwasser, aber dieses ist weit davon entfernt, die chemische und physikalische Charakteristik von Lackenwasser aufzuweisen. Es handelt sich um

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

saures, sauerstoffarmes und relativ mineralstoffarmes Moorwasser, welches die Pflanzen weder abtöten noch remineralisieren kann.

Die Energie für den kapillaren Aufstieg liefert die Sonnenstrahlung. Unter Wärmezufuhr verdunstet Wasser vom in der Kapillare befindlichen Meniskus, sodaß Wasser von unten nachkommen kann. Diese Verdunstung hat neben der Wärmezufuhr aber noch eine zweite Voraussetzung, nämlich das Darüberstreichen von trockenem Wind, der den soeben verdunsteten Wasserdampf rasch wieder entfernt. Stellt sich über der Kapillare der bei der entsprechenden Temperatur wirksame Gleichgewichts-Wasserdampfpartialdruck ein, was unter einer feuchten organischen Bodenschicht sehr rasch geschieht, so kann nichts mehr verdunsten und die wässrige Lösung in der Kapillare steht still.

Infolge des sehr wirksamen Verdunstungsschutzes durch den organischen Boden ist das kapillare Hochbefördern von Salzen im von einer Vegetationsschicht bedeckten Lackensediment nicht mehr möglich.

Eine Hoffnung der überwachsenen Salzlacke wäre das Absterben und Verschwinden der Pflanzenschicht durch Austrocknen und Wegoxidieren des organischen Materials in trockenen Jahren. Die den Lackenboden bedeckende Vegetationsschicht liegt jedoch nicht auf der Wind und Trockenheit ausgesetzten Hutweidefläche, sondern in einer wind- und damit verdunstungsgeschützten Vertiefung, nämlich der Lackenwanne, über einem wasserstauenden Horizont, nämlich dem interglazialen Schwemmlöß. Sie findet in der ehemaligen Lacke, was die Wasserversorgung betrifft, ein besonders günstiges Kleinklima vor und trocknet daher niemals so weitgehend aus, dass sie ihre Lebensfähigkeit einbüßen würde.

Im Modellversuch konnten wir zeigen, daß auf dem unbedeckten feuchten Ochsenbrunnlacken-Sediment keine der Pflanzen der Landreitgrasgesellschaft keimen kann. Die Ausbreitung der Vegetation erfolgt ausschließlich vom Rand her über Wurzelausläufer. Bald bildet sich aus abgestorbenen Pflanzenteilen eine Torfschicht mit einem eigenen Süßwasservorrat. Auch die Lacke selbst arbeitet am Aufbau dieser Bodenschicht mit, indem sie organische Substanz an deren Rand deponiert. Die Pflanzenschicht samt ihrem Torf läßt sich wie ein Rasenziegel abheben. Die kurzen Wurzeln reichen in eine wenige Zentimeter tiefe ausgesüßte Sandschicht hinein, nicht aber in den "salzführenden Horizont" Der Süßwasservorrat der Pflanzenschicht liegt auf dem wassergesättigten "salzführenden Horizont" auf. Eine Vermischung von Süß- und Salzwasser ist schon aufgrund der unterschiedlichen Dichte kaum

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

möglich. Auch gibt es keine Windaufwühlung. Der Kapillareffekt im Torf ist sehr gering und wirkt sich wenig aus. Die Diffusion versucht die Salzkonzentrationen auszugleichen. Das Wachstum der Torfschicht ist aber jedenfalls rascher als alle salzhochbefördernden Mechanismen, sodass sich schließlich ein Kryptosalzhorizont unter einer Flachmoorschicht ausbildet. Profile, die fossile Kryptosalzhorizonte unter Flachmoor aufweisen, sind im Seewinkel an vielen Stellen zu finden und beweisen, daß auch ohne menschliches Zutun derartige Verlandungsprozesse stattgefunden haben (BERNHAUSER 1962; FRANZ et al. 1937).

Die Verlandung durch Flachmoorbildung bedroht also vor allem solche Lacken, die in trockeneren Jahren langfristig kein Wasser führen und gleichzeitig keine Salzausblühungen aus dem Lackenboden mehr aufweisen, weil durch wasserbauliche Maßnahmen der Grundwasserpegel zu tief abgesenkt wurde.

Aber auch in den permanent wasserführenden Lacken des Seewinkels schreitet der Verlandungsprozess zügig voran. Wesentlich rascher als die Verlandung durch anorganisches Sediment erfolgt bekanntlich die Verlandung durch organisches Sediment. Ganz allgemein ist in natürlichen Gewässern stets eine große Anzahl von Bakterien damit beschäftigt, den im Zuge der Primärproduktion erzeugten reduzierten Kohlenstoff zu CO2 zu oxidieren und ihn so aus dem Gewässer zu entfernen. Durch die relativ geringe Wasserlöslichkeit des Sauerstoffs (8 cm3 O2 pro Liter Wasser bei 1 bar und 10°C) und die langsame Nachlieferung (der Sauerstoff muß ja erst durch die Wasseroberfläche aufgenommen werden und sich durch Diffusion verteilen) gibt es aber gewöhnlich Sauerstoffknappheit. Diese Sauerstoffknappheit ist vor allem auch dadurch bedingt, daß stehende Gewässer dazu neigen, sich zu schichten. Der in der obersten Schicht durch Photosynthese gebildete Sauerstoff findet (infolge des sehr langsamen Abtransports durch Diffusion) bald stark übersättigte Bedingungen vor, perlt aus und entweicht in die Atmosphäre. Die abgestorbenen Planktonteilchen haben relativ hohe Dichte und sinken ab. In den unteren Schichten wird unter Sauerstoffzehrung remineralisiert, da es aber an Sauerstoff-Nachlieferung mangelt, kommt der Abbau bald zum Erliegen. Die Produktionsrate organischer Substanzen übertrifft daher in nährstoffreichen Gewässern, wie es die Seewinkellacken im ausgeprägten Ausmaß sind, die Abbaurate, sodass reduzierter Kohlenstoff im Sediment begraben wird und die Wassertiefe sich verringert.

In tieferen Sedimentschichten kann es zum anaeroben Abbau der organischen Bestandteile durch methanogene Bakterien kommen. Dieser Abbau erfolgt

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

aber generell langsam und hängt von der Nickel-Verfügbarkeit im Sediment ab, denn die Methyl-Coenzym M-Reduktase der methanogenen Bakterien besitzt einen Nickel-Tetrapyrrolkomplex als prosthetische Gruppe (KAIM und SCHWEDERSKI 1995). Die Nickel-Verfügbarkeit in Lackensedimenten des Seewinkels ist infolge der basischen und reduzierenden Bedingungen (Anwesenheit von Sulfid) relativ gering, schon aus diesem Grund ist mit einem wesentlichen Kohlenstoff-Austrag durch Methanbildung kaum zu rechnen.

In sulfatreichen Seewinkellacken kommt ein weiterer, der Verlandung entgegenwirkender Mechanismus zum Tragen, und zwar der Kohlenstoff-Austrag aus dem Sediment durch sulfatreduzierende Bakterien. Diese heterotrophen Organismen "veratmen" bei Sauerstoff-Abwesenheit das Sulfat, CO_2 entsteht gemeinsam mit H_2S. Dabei handelt es sich um einen raschen und wirksamen Vorgang, sodass diejenigen Seewinkellacken, die ausreichende Sulfatversorgung aus dem Untergrund besitzen, durch Verlandung nicht bedroht sind.

Die große Verlandungstendenz der "Hydrogencarbonat-Seewinkellacken" ist, wie oben gesagt, durch ihren hohen Nährstoffgehalt verursacht.

Ein großer Teil des Vorrats an mineralischen Nährstoffen eines Gewässers (gemeint ist hier vor allem Phosphat und Ammonium) befindet sich zu jedem Zeitpunkt in fester Form gebunden im Sediment. Über das Vorhandensein gelöster Nährstoffe und damit über das mögliche Ausmaß der Primärproduktion im Gewässer entscheidet vor allem der Kontakt des Gewässers mit seinem eigenen Sediment. Nur an der Sedimentoberfläche werden die Nährstoffe rückgelöst und in pflanzenverfügbare Form gebracht. Der Trophiegrad eines Gewässers hängt also vom Verhältnis Sedimentgrenzfläche zu Wasservolumen ab. Ein tiefer Alpensee ist beispielsweise von Natur aus oligotroph, weil die eingebrachten Nährstoffe rasch sedimentieren und der größte Teil der Wassersäule vom einmal abgeschiedenen Sediment viele Wochen und Monate hindurch isoliert bleibt. Die flachen und windausgesetzten Seewinkellacken dagegen sind infolge des Hochwirbelns der Trübe durch ständigen engen Kontakt der Wassersäule mit dem Sediment charakterisiert. Dazu kommt auch noch ein besonders hoher natürlicher Gehalt an Pflanzennährstoffen im Sediment, weil es sich um abflusslose Gewässer handelt, die sich wie Nährstoff-Sammelbecken verhalten.

Tabelle 1 zeigt Herbst-Messwerte (6. 11 1999) von Lackenwasserproben aus dem Oberen Stinkersee und dem Illmitzer Zicksee (Neusiedlersee-Ostuferlacken) und der Ochsenbrunnlacke (zentrale Seewinkellacke). Die

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Salzkonzentrationen waren an diesem Tag relativ hoch, die Trübe war durch kräftigen Wind besonders stark in der Wassersäule vertreten. Die Sauerstoffgehalte waren hoch, und auch die pH-Werte, was beides für recht lebhafte Primärproduktion spricht. Lichtintensität und Temperaturen waren für die Jahreszeit hoch. Unter solchen Bedingungen erfolgt die Rücklösung von Ammonium aus dem Sediment und die anschließende bakterielle Nitrifizierung zum gut wasserlöslichen Nitrat besonders effizient. Dementsprechend findet man sehr hohe Nitratkonzentrationen im Lackenwasser. Nitratkonzentrationen in dieser Größenordnung können prinzipiell nur in Salzsseen vorkommen. In keinem anderen natürlichen Oberflächengewässer findet man so hohe Nitratkonzentration. (Wogegen in Grundwässern, sofern sie durch landwirtschaftliche Maßnahmen wie Mineralstoffdüngung in Kombination mit Grundwasserabsenkung belastet sind, Nitratkonzentrationen um 50 mg/l heute als "normal" zu bezeichnen sind.)

Löffler nennt den Effekt des hohen Nährstoffgehalts in der Wassersäule infolge häufiger Windaufwirbelung der obersten Sedimentschicht "Anemotrophie" (LÖFFLER 1957).

In den Seewinkellacken sind es nicht wie in anderen Gewässern die verfügbaren Nährstoffe, die das Wachstum begrenzen.

Die Primärproduktion ist zwar trotzdem begrenzt, aber nicht wie in anderen Gewässern durch den Nährstoffgehalt, sondern vor allem durch den hohen Salzgehalt. Der Lichtmangel durch hohen Trübegehalt kann ebenfalls eine merkliche Hemmung des Phytoplankton-Wachstums bewirken.

Temporär stattfindende ungünstige Vorgänge, welche den Salzgehalt verringern und zum Absetzen der Trübe führen, können zu regelrechten Eutrophierungserscheinungen mit Fäulnis und Bildung toxischer Substanzen führen. Das Gewässer "kippt um", sobald der Salzhaushalt aus dem Gleichgewicht kommt.

Andererseits sind die Lacken durch den engen Kontakt von Wassersäule und Sediment nährstoffgepuffert, d.h. zusätzlich eingebrachte Nährstoffmengen (z.B. Phosphat) durch eingeschwemmten oder eingewehten landwirtschaftlichen Dünger können an die anorganische Trübe reversibel gebunden werden. Neuhuber et al. (NEUHUBER et al. 1979) konnten im Neusiedlersee einen durch die anorganische Trübe gegebenen Puffereffekt für gelöste Phosphorverbindungen nachweisen. Die Bedingungen in den Lacken sind

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

ähnlich. Eine "gesunde" Salzlacke mit funktionierendem Salzhaushalt besitzt also eine relativ große Toleranz gegenüber Nährstoffbelastung.

Die sommerliche Primärproduktion in den Lacken kann infolge der hohen Nährstoffverfügbarkeit sehr hoch sein, besonders in Phasen etwas geringeren Salzgehalts nach Verdünnung durch Regenwasser, und es kommt sogar immer wieder zur Massenvermehrung verschiedener Planktontiere (STUNDL 1949) oder zum Massenauftreten von Algen (LÖFFLER 1982). Dieser Reichtum wird oft durch den Wellenschlag ans Ufer gespült, z.B. das aus Fadenalgen (Cladophora) gebildete "Meteorpapier" Bei allseitigem ungehindertem Zutritt von Sauerstoff verschwinden diese am Ufer liegenden organischen Reste sehr rasch, sie werden durch Mikroorganismen veratmet.

Ein kurzfristiges Austrocknen der Lacke kann große Bedeutung für deren Erhaltung haben: Organische Stoffe im Sediment werden nach dem Trockenfallen innerhalb weniger Tage vollständig wegoxidiert, die ursprüngliche Tiefe der Lackenwanne wird wiederhergestellt.

Wie schaffen es aber diejenigen Lacken, die jahrzehntelang nicht austrocknen, trotz hoher Primärproduktion nicht zu verlanden?

Es handelt sich dabei um eine spezifische Leistung des "weißen Wassers" Der hohe Na+-Gehalt und der hohe pH-Wert des sodahaltigen Lackenwassers stabilisieren die anorganische Trübe.

Die anorganische Trübe besteht vor allem aus Tonmineralen, Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxiden, amorpher Kieselsäure und aus Karbonaten, wobei die suspendierten Teilchen sehr geringe Durchmesser von 10-5 bis 10-8 m besitzen (Kolloidteilchen). Die charakteristische Eigenschaft der Trübeteilchen sind ihre oberflächenständigen OH-Gruppen, gewöhnlich 4-10 OH-Gruppen pro nm2. Die OH-Gruppen reagieren je nach pH-Wert der Lösung als Säuren oder Basen. Bei den basischen pH-Werten des Lackenwassers dissoziieren H+-Ionen ab und die Teilchen tragen daher negative Oberflächenladungen (VOIGT 1990).

Für Tonpartikel gilt darüber hinaus, dass diese durch isomorphe Substitution im Kristallgitter negative Überschussladungen besitzen, welche durch Alkalimetallionen kompensiert sind. In der wässrigen Lösung dissoziieren die Alkalimetallionen ab und lassen die Trübe-Partikel als Riesen-Anionen zurück.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

In der Nähe elektrisch geladener Oberflächen wird eine Gegenladung in der Lösung aufgebaut. Es entsteht eine elektrische Doppelschicht. Für die Stabilität der Trübe im Gewässer ist die gegenseitige elektrische Abstoßung der gleichnamig geladenen Partikel von essentieller Bedeutung. Wichtig ist dabei die Dicke der elektrischen Doppelschicht. Die Teilchen stoßen einander nicht direkt mit ihren Oberflächenladungen, sondern mit ihren elektrischen Doppelschichten ab. Alle Faktoren, die eine Verringerung der elektrischen Doppelschicht zur Folge haben, begünstigen das Ausflocken. Denn wenn sich zwei Teilchen näher kommen als ca. 1.5 nm, überwinden die Anziehungskräfte die elektrostatische Abstoßung. (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1998). Die Dicke der elektrischen Doppelschicht hängt von der Ionenstärke in der Lösung ab. Erhöhung der Gesamtsalzkonzentration verringert die elektrische Doppelschicht ebenso wie der Ersatz von einwertigen Kationen (Na+) durch zweiwertige (Ca2+, Mg2+). Beobachtet man also in einer Salzlacke ein Absitzen der normalerweise vorhandenen silberweißen Trübe, so kann das drei verschiedene Ursachen haben:

a) Es strömt Mg2+ bzw. Ca2+ haltiges Grundwasser ein, die Trübe ist nicht mehr stabil.
In diesem Fall werden nach Ausbleiben des Grundwassereintrags durch das Ausfallen von Mg-Calcit infolge des hohen pH-Werts (MÜLLER et al. 1972) diese beiden Ionen aber bald wieder ihre normalen niedrigen Konzentrationen erreichen und die Trübe wird sich erneut aufbauen.

b) Die Lacke steht kurz vor dem Austrocknen und weist daher extrem hohe Salzkonzentrationen auf, die Trübe flockt aus. Auch wenn stürmischer Wind das Lackenwasser weithin verdriftet, es bleibt klar. Unter der Bedeckung eines solchen Wassers entstehen im Sediment schon lange vor dem Austrocknen Schwundrisse. Das Salzwasser entzieht den quellfähigen Tonen des Sediments (z.B. Montmorillonit) das zwischen die Schichtpakete eingelagerte Wasser.

   Ein solches Wasser über Schwundrissen, 5 cm tief, fanden die Autoren am 18.8.1998 in der Ochsenbrunnlacke vor. Es zeigte einen sehr hohen Gehalt an Braunstoffen, war vollkommen klar und besaß eine Leitfähigkeit von 60 000 mS/cm.

c) Das Lackenwasser befindet sich in einer windstillen Position, etwa in einer durch Schilf gebildeten Bucht. Es fehlt die Einwirkung des Windes. Der Wind stabilisiert die Trübe nicht nur mechanisch, sondern vor allem auch chemisch, indem er durch ≤eddy diffusion≤ dem bei der Atmung

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

gebildeten CO2 ermöglicht, in die Atmosphäre zu entweichen. Höhere CO2 – Konzentrationen im Wasser erniedrigen den pH-Wert so weit, daß die Trübe sich schließlich absetzt. Dabei sedimentieren anorganische und organische Trübe gleichermaßen.

Die anorganische Trübe ist von enormer Bedeutung für die Fähigkeit der Lacke, abgestorbenes organisches Material zu remineralisieren. Das Wasser kann bis zu 150 cm3 Sediment pro Liter enthalten (LÖFFLER 1982). Die spezifische Oberfläche beträgt ca. 100 m2 pro Gramm Trübe (SIGG und STUMM 1991). Organische Partikel werden an diese Oberflächen adsorbiert (EVANGELOU 1998). Die anorganische Trübe ist maßgeblich daran beteiligt, daß die organischen Partikel in Schwebe bleiben, sich nicht absetzen und daher sehr gut mit Sauerstoff versorgt sind. So können sie rasch und quantitativ zu CO2 veratmet werden, es entsteht kein dauerhaftes organisches Sediment. Aufbau und Abbau des organischen Materials erfolgen über die Zeit gemittelt mit gleicher Geschwindigkeit, die Tiefe der Lackenwanne bleibt konstant.

Die Seewinkellacken sind also "Kinder des Windes" Das ganze Jahr hindurch herrscht hohe Windhäufigkeit, wobei die Windrichtung aus Nordwest vorherrschend ist. Der Wind streicht ungehindert über das niedrige Pflanzenkleid hin. Die Existenz der Salzlacken beweist, daß es seit ihrer Entstehung in ihrem Bereich keine Bewaldung gegeben haben kann, denn der Windschutz durch Bäume hätte zum häufigen Absitzen der Trübe und damit unweigerlich zur Verlandung der Lacken führen müssen.

Auch das heute weitverbreitete Schilfwachstum (Phragmites communis) im Bereich der Lackenuferzonen war im Verlauf der Geschichte der Lacken nie gegeben. Ein langfristig bestehender Schilfgürtel hätte infolge des ausgeprägten Windschutzes auf alle Fälle zur Verlandung der betroffenen Lacke geführt.

Schilf kann nur an vertieften Stellen keimen, die Oberfläche der Hutweide ist durch ihre Windausgesetztheit viel zu trocken. Wo immer jedoch eine Viehtränke oder ein Entwässerungsgraben ausgehoben worden sind, wächst heute darin Schilf.

Der Wasserstand der Langen Lacke ist durch Entwässerungsmaßnahmen künstlich um ca. 1 m abgesenkt. Das heißt, der Höchstwasserstand, der die Lacke ganz füllen würde, kann nie wieder erreicht werden. Somit sind Randzonen der Lacke entstanden, die gegenüber der Hutweidenoberfläche um 1 m

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

vertieft sind und nicht mehr überflutet werden. Abhängig von der Hauptwindrichtung und vom Relief der Umgebung bieten sie an vielen Stellen ausreichend windgeschützte und daher ausreichend feuchte Bedingungen für das Aufkommen von Schilf. Auch die Häufigkeit des Vorkommens von Salzausblühungen und die Salzzusammensetzung spielen eine Rolle. Orte besonders hoher Salzkonzentration werden gemieden, wobei das basische NaHCO3 offenbar weniger gut vertragen wird als die neutralen Salze NaCl und Na2SO4.

Zwar zählen europaweit die (ökologisch überaus empfindlichen) Verlandungsröhrichte zu den am stärksten bedrohten Lebensräumen. Man kann die Entwicklung von ausgedehnten Schilfgürteln im Bereich der Seewinkellacken aber trotzdem nicht wünschenswert nennen.

Der Windschutz im Schilfgürtel führt zum Absitzen der Trübe. Organisches Material sedimentiert in großen Mengen. Reduzierende Bedingungen schon wenige Zentimeter unter der Wasseroberfläche sind im Bereich des Schilfgürtels an der Tagesordnung. Im neugebildeten organischen Sediment, das zur Wasseroberfläche hin wächst, kann über Ausläufer des Rhizoms neues Schilf Fuß fassen. Die Verlandung vom Ufer her schreitet rasch fort. Nur diejenigen Ufer, die durch Winddrift regelmäßig von Lackenwasser überflutet werden, sind derzeit noch schilffrei, denn Schilf stirbt bei völliger Überflutung mit Salzwasser rasch ab. Auch für das Schilf gilt ja das oben beschriebene Konzept der "pulsierenden Ufervegetation"

Der Neusiedlersee gehorcht denselben Gesetzmäßigkeiten. Blohm (BLOHM 1974) schrieb über den Schilfgürtel des Neusiedlersees: "Das Absinken des Seespiegels und die Kontrolle über Hochwasser ließ vermutlich das starke Schilfwachstum aufkommen, welches bis dahin durch Wasserspiegelschwankungen nur auf kleine Uferbereiche beschränkt war. Die vorherrschende Windrichtung aus Nordwesten und die daraus resultierende stärkere Brandung am Ostufer unterdrücken jedoch dort noch immer das Schilfwachstum."

Der Windschutz durch Schilf hat starken Einfluß auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Lackenwassers.

Kohler und Rauer (in DICK et al. 1994, Seite 164) berichten, daß "Schwarzlacken" aus "Weißlacken" entstehen können und vermuten generell, daß die berühmten "Schwarzlacken" nie etwas anderes waren als ein Zwischenstadium der sterbenden Salzlacken auf dem Weg zur Verlandung.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Dazu ein Beispiel:
Der Illmitzer Zicksee, der zu den Seeuferlacken gehört und eine besonders gute Salzversorgung besitzt, war stets eine charakteristische "Weißlacke" Heute ist er in seinem Nordteil eine reine "Schwarzlacke" mit klarem braunem Wasser geworden. Dies ist ein Resultat des Windschutzes durch das Schilf, das infolge der Entwässerungmaßnahmen am Illmitzer Zicksee ständig im Vormarsch ist.

Die starke Färbung des Wassers durch Huminstoffe bei dieser Art "Schwarzwasser" ist auffällig und erinnert an Moorwasser. Sie ist jedoch stets auch beim "Weißwasser" vorhanden. Entnimmt man eine Probe "Weißwasser" und läßt sie dicht verschlossen im Labor stehen, so setzt sich nach einigen Tagen infolge Anreicherung mit CO2 die Trübe vollständig ab, und gelb bis braun gefärbtes klares Wasser kommt zum Vorschein. Die Färbung ergibt sich aus dem gehemmten Abbau der Huminstoffe infolge des hohen Salzgehalts. Wasser aus der Ochsenbrunnlacke mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 3200 mS/cm beginnt erst nach Verdünnen mit destilliertem Wasser auf das dreifache Volumen mit dem Abbau der gelösten Braunstoffe. Dies konnten wir mit Hilfe einer respiratometrischen Methode zur Messung des biochemischen Sauerstoffbedarfs eindeutig nachweisen (bei 25°C).

Durch den chronischen Sauerstoffmangel im Wasser des Schilfgürtels kann es zu einer weiteren Anreicherung von Huminsäuren kommen, die dann nicht nur eine besonders dunkelbraune Färbung verursachen, sondern auch den pH-Wert stark herabsetzen und damit das rasche Sedimentieren der anorganischen Trübe und des organischen Detritus garantieren. Es ist sehr wahrscheinlich, daß mit dem Windschutz zusammenhängende Effekte auch für den in den letzten Jahrzehnten immer wieder auftretenden Wasservogel–Botulismus im Seewinkel verantwortlich sind. (GRÜLL et al. 1986).

Anläßlich einer Exkursion am 29. 8. 1999 führten die Autoren an der Ochsenbrunnlacke und an der Langen Lacke membranpolarometrische Bestimmungen des im Lackenwasser gelösten Sauerstoffs durch. Es war windstill, stark bewölkt und regnete schwach bei 23°C. Die Ochsenbrunnlacke zeigte reges Algenwachstum bei normaler Trübe. Im Flachwasser-Uferbereich fernab des Schilfes waren große Sauerstoffübersättigungen von bis zu 200% feststellbar. Im tiefen Wasser (ca. 70 cm) war bis hinunter zur Sedimentoberfläche mindestens 90% Sauerstoffsättigung gegeben. Die Bedingungen waren also gut, und es gab dementsprechend auch keine Botulismus-Opfer im Bereich der Ochsenbrunnlacke.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Die Lange Lacke zeigte fernab des Schilfs ebenfalls normale Trübe und das Wasser war bis in die Tiefe zu 90% - 100% sauerstoffgesättigt. Im durch Schilf windgeschützten Flachwasserbereich im Umkreis des Xixsee-Kanals war das Wasser jedoch klar und wies sehr starke Sauerstoffdefizite auf.

Klares Wasser mit braunschwarz gefärbtem Bodensatz (gelartiges Sediment aus ausgeflockten Huminstoffen), das trotz des schwachen Regens 1 cm unter der Oberfläche nur 20% Sauerstoffsättigung besaß, war zu beiden Seiten des Xixsee-Kanals über weite Strecken überall zu finden. Das organische Sediment lag wie ein klebriger Film über dem eigentlichen Lackensediment, sodaß der Regen nicht imstande war, die Trübe hochzuwirbeln. Manuelles Entfernen des klebrigen Films ermöglichte ein Hochwirbeln anorganischer Trübe, die dann stabil blieb. In diesem Bereich lagen fünf sterbende bzw. bereits tote Botulismus-Opfer, drei Stockenten und zwei Limicolen (Tringa glareola).

Wir möchten folgende Hypothese zur Diskussion stellen:
Der nur wenige Zentimeter tiefe Flachwasserbereich beherbergt eine Biozönose stark sauerstoffbedürftiger Arten, da es unter natürlichen Bedingungen hier niemals zu Sauerstoffdefiziten kommt und daher eine Toleranz gegenüber temporärem Sauerstoffmangel nicht nötig ist. Eine bei warmem Wetter im Windschutz des Schilfs auftretende Sauerstoff-Unterversorgung (durch Schichtung des Wassers infolge eines bei Absorption von Sonnenlicht entstehenden Temperaturgradienten) führt zu einem plötzlichen Absterben des in großer Dichte vorhandenen Planktons. Vermutlich sind auch durch Sauerstoffmangel kurzfristig auftretende toxische Reaktionsprodukte wie z.B. Nitrit für das Massensterben von Kiesel- und Grünalgen, Kiemenfußkrebsen und anderen empfindlichen Organismen verantwortlich.

Durch die einsetzende Remineralisierung des toten organischen Materials unter starker Sauerstoffzehrung kommt es zu anaeroben Bedingungen. Der Sauerstoff-Mangel ist die Voraussetzung für die Vermehrung der im Sediment vorhandenen Botulismus Neurotoxin –toxigenen Clostridien innerhalb des eiweißhaltigen Detritus. Der vergiftete Detritus wird von nahrungssuchenden Vögeln aufgenommen.

4. Wechselwirkungen zwischen Grundwasserhaushalt und Salzhaushalt

Die Grundwasserspiegelfläche im Seewinkel hat eine charakteristische Form. Von Zentralbereich des Seewinkels um Frauenkirchen herum strömt Grundwasser nach drei Himmelsrichtungen (Osten, Süden und Westen). Der

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Aquifer dieses obersten Grundwasserhorizonts besteht aus den Seewinkelschottern, die allerdings entlang des Ostufers des Neusiedlersees und auch am Fuß der Parndorfer Platte nicht vorhanden sind (HAAS et al., 1992). In diesen Gebieten fließt das Grundwasser nur sehr langsam durch schlecht leitende jungtertäre Schichten.

Da daher aus der Parndorfer Platte Grundwasser nur in geringem Umfang in den oberen Horizont des Seewinkels fließt, kann man annehmen, daß das Einzugsgebiet des Seewinkels nur aus seiner eigenen Fläche besteht, wobei die Grundwasserneubildung praktisch nur im zentralen Bereich rund um Frauenkirchen erfolgt. Dort ist der Untergrund so wasserdurchlässig und der Flurabstand so groß (etw 4 m), daß das infiltrierende Wasser rasch dem Einfluß der Verdunstung entzogen ist. Verdunstung aus der gesättigten Zone erfolgt bis in etwa 2 m Tiefe, und natürlich umso rascher, je geringer der Flurabstand ist und je feinkörniger das Material ist (wegen des Kapillareffekts). Bei Flurabständen unter 0.5 m z.B. in den Zitzmannsdorfer Wiesen, die direkt auf den tertiären Sedimenten liegen, verdunstet das gesamte versickerte Niederschlagswasser aus dem Untergrund, und darüber hinaus noch alles Wasser, das unterirdisch aus dem zentralen Seewinkel zufließt. An diesen Stellen, und nur an diesen, kann man von "aridem Klima" sprechen, denn hier übertrifft die jährliche Verdunstung den jährlichen Niederschlag. Durch die künstliche Absenkung des Grundwasserspiegels sind die früher reichlich vorhandenen Flächen mit Flurabständen unter 0.5 m sehr stark vermindert worden (HAAS et al., 1992).

Damit wurde das Klima großer Teile des Seewinkels von "arid" nach "humid" verschoben. ("Humid" bedeutet in diesem Zusammenhang: Der Niederschlag übertrifft die Verdunstung, "arid" bedeutet: Die Verdunstung übertrifft den Niederschlag.)

Die jährliche Grundwasserneubildung im zentralen Seewinkel beträgt 15 – 20 Mio. m3/a (HAAS et al., 1992). Solange der Seewinkel im natürlichen hydrologischen Zustand war, also praktisch abflußlos, sind demnach 15-20 Mio. m3/a Wasser im Jahr aus dem Untergrund verdunstet. Infolge der Absenkung des Grundwasserspiegels findet Verdunstung aus dem Untergrund heute nur mehr an wenigen Stellen statt. Das neugebildete Grundwasser fließt, sofern es nicht der Nutzung für landwirtschaftliche Bewässerung anheimfällt, durch die Entwässerungsgräben ab. Der durch Grundwasserexfiltration gespeiste Oberflächenabfluß beträgt 15 Mio. m3/a (HAAS et al. 1992), liegt also in der Größenordnung der Grundwasserneubildungsrate.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Nach Löffler (LÖFFLER 1961) sind Natrongewässer an arides Klima gebunden. Es muß sich auf die Sodagewässer des Seewinkels jedenfalls stark auswirken, wenn sich ihr Kleinklima von arid in Richtung humid verschiebt.

Bei einer geschätzten mittleren Salzfracht des abgezogenen Wassers von 1 g/l ergibt sich ein jährlicher Verlust an löslichen Salzen von 15 000 Tonnen. Es ist kaum anzunehmen, daß der Salzvorrat im "salzführenden Horizont" auf längere Sicht so große Verluste ausgleichen kann.

Analysiert man Wasser aus Entwässerungsgräben des Seewinkels, so findet man gegenüber normalem Grundwasser stark erhöhte Werte für Natrium, Sulfat und Hydrogencarbonat. Es sind also tatsächlich die charakteristischen Salze der Salzlacken und Salzböden, die sich hier verabschieden. (Siehe Tabelle 2: Meßwerte für eine Wasserprobe aus dem Xixseekanal. Probennahmepunkt: Kreuzung des Kanals mit der Straße Apetlon-Wallern.)

Die Salzverluste der Lacken sind ein vielfach übersehener Effekt der Entwässerung. In dreifacher Hinsicht greift die Entwässerung in den Salzhaushalt der Lacken ein:

a) Durch direktes Abziehen von Lackenwasser. Besonders in feuchten Frühjahrsmonaten, wenn das Entwässerungssystem oberflächliches Lackenwasser abzieht, mißt man in Entwässerungsgräben an vielen Stellen 2 g/l Salzfracht und mehr. An manchen Stellen sind dann die Na^+ - Konzentration und der pH-Wert im Entwässerungskanal so hoch, daß sogar die Trübe stabil bleibt.

b) Durch Versickern von Lackenwasser in den Untergrund. Dies geschieht dort, wo "undichte Stellen" im "salzführenden Horizont" vorliegen, wo also die Schwemmlößdecke fehlt und Sande oder Kiese den Untergrund bilden. Das Ausrinnen der Lacke in den Untergrund geschieht bei niedrigem Grundwasserstand, während die Lacke aber nicht ausgetrocknet, sondern durch Regenwasser gefüllt ist. Daß es tatsächlich zum Abfluß von Lackenwasser ins Grundwasser kommt, wurde auf der Basis von Isotopenanalysen eindeutig nachgewiesen (BELOCKY 1991). Lackenwasser, das der Verdunstung unterliegt, weist gegenüber Grundwasser, das durch infiltrierendes Niederschlagswasser gebildet wird, eine charakteristische Anreicherung von ^2H und ^{18}O auf. Bei Untersuchungen der Langen Lacke, der Wörthenlacken und des St. Andräer Zicksees stellte sich heraus, daß das isotopisch angereicherte Grundwasser nur in Bereichen zu finden ist, die in Bezug auf das

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Grundwassergefälle in Abströmrichtung von der jeweiligen Lacke liegen. Versickertes Lackenwasser wird also mit dem Grundwasserstrom mitgenommen und exfiltriert irgendwann einmal in einen der Entwässerungsgräben.

c) Abschneiden von rezenter Salzzufuhr. Da die kapillare Aufstiegshöhe im Aquifer zu vernachlässigen ist, ist die Möglichkeit einer Salznachlieferung durch Salzquellen daran gebunden, daß die gesättigte Grundwasserzone den Schwemmlößhorizont von unten berührt. Durch die starke Absenkung des Grundwasserspiegels speisen die Salzquellen vielfach nicht mehr die Lacken, sondern rinnen mit dem Grundwasserstrom in die Entwässerungsgräben.

Es scheint, als ob alle heute noch bestehenden Salzlacken, auch die des zentralen Seewinkels, tatsächlich Salzquellen besäßen, die aus dem tertiären Untergrund heraus für eine ausreichende rezente Salznachlieferung sorgen (LÖFFLER 1982, Seite 123). Der Mechanismus der Nachlieferung beruht vor allem auf der Dynamik im Lackenuferbereich.

Wenn die Lacke sich bei sinkendem Pegelstand zurückzieht und Boden freigibt, findet Verdunstung von der Oberfläche des Schwemmlöß statt. Unter der Voraussetzung, dass der Grundwasserpegel nicht ebenfalls abgesunken ist (siehe Skizze Abb. 1) blüht an diesen Randpositionen Salz aus, welches durch Niederschläge in die Lackenmulde gespült wird. Durch die starke Wind-Durchmischung werden die gelösten Salze gleichmäßig im Wasserkörper verteilt. So werden auch diejenigen Bereiche der Lacken mit Salz versorgt, die nur geringe Salzkonzentrationen im direkt unterhalb des Schwemmlöß befindlichen Grundwasser aufweisen.

Falls rezente Salzquellen tatsächlich existieren, müßte es sich um entlang der Bruchsysteme aufsteigende artesische Grundwässer handeln.

Die vielen artesischen Meßstellen des Seewinkels liefern allerdings nur gering mineralisiertes Wasser. Bis auf die Meßstelle NO1A, die ihre Existenz einer Bohrung verdankt, die 138.4 m tief bis ins Unterpannon hinabreicht (TAUBER et al. 1958). Hier kommt Tiefenwasser aus tortonischen und sarmatischen Sedimenten empor. Sein Salzgehalt entspricht ungefähr dem des "normalen" Lackenwassers, es enthält viel NaHCO3 (Gesamtsalzgehalt 3.036 g/l), besitzt eine elektrische Leitfähigkeit von 4100 mS/cm und ist etwa 35 600 Jahre alt (14C-Alter) (HAAS et al. 1992). Einzugsgebiet dieses Wassers ist die eiszeitliche Parndorfer Platte.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Tauber berichtet, daß der St. Andräer Zicksee zwecks Ausfischung 1952 – 1957 jährlich vollkommen entleert wurde, und sich doch stets mit demselben hohen Salzgehalt regenerierte. (TAUBER 1959).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde im Bereich der Lacke Nr. 45, Nummerierung nach Löffler (LÖFFLER 1982) (Legerilacke) ein sehr stark salzhaltiges "artesisches" Wasser gefunden. Es handelt sich um eine (heute durch den Golserkanal trockengelegte) Neusiedlersee-Ostuferlacke, deren Boden aus gelben jungtertiären Sedimenten besteht. In einem 130 cm tief eingeschlagenen Rohr von 1 cm Innendurchmesser stieg das Salzwasser bis fast an die Oberfläche. Mittels einer 100 ml Spritze ließen sich innerhalb einiger Minuten 2 l Wasser heraussaugen. Dieses Wasser weist eine Leitfähigkeit von 63 500 mS/cm und eine Salzgehalt von 70.7 g/l auf (siehe Tabelle 2). Es zeigt keine Färbung durch Humusstoffe. Unterirdisches Salzwasser so hoher Konzentration ist unseres Wissens im Neusiedlerseegebiet noch nie gefunden worden, auch nicht bei Tiefbohrungen.

Krbec (KRBEC 1997) fand bei Bohrungen unter dem "salzführenden Horizont" der Ochsenbrunnlacke Grundwasser mit einem Salzgehalt von ca. 4 g/l. Auch unter der Martenhoflacke fand er Grundwasser, dessen Salzkonzentration die des oben angetroffenen Lackenwassers erreichte oder übertraf. Krbec vermutete, daß der hohe Salzgehalt dieses Grundwassers auf versickertes Lackenwasser zurückzuführen sei. Die Möglichkeit des Einflusses von Salzquellen ist aber nicht auszuschließen.

Einige Proben für die Isotopenanalysen (BELOCKY 1991) wurden 1990 aus der vollkommen ausgetrockneten Langen Lacke entnommen. Der "salzführende Horizont" wurde an mehreren Stellen durchbohrt und das darunter zum Vorschein kommende (gespannte) Grundwasser wurde analysiert. Vergleicht man die Ergebnisse von Bohrloch LL5 und Bohrloch LL6, beide aus dem westlichen Bereich, so stellt sich heraus, daß LL6 sehr viel versickertes Lackenwasser enthält und dementsprechend auch eine hohe Leitfähigkeit von 2200 mS/cm aufweist, daß aber LL5 die noch wesentlich höhere Leitfähigkeit von 3800 mS/cm besitzt, obwohl in diesem Fall der Lackenwassereinfluss entsprechend der Isotopenzusammensetzung als viel geringer eingestuft werden muss. Dieses Ergebnis spricht für das Emporsteigen einer Salzquelle im Bereich des Bohrlochs LL5.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

5. Modellversuch zur Verlandung

Es gibt zwei Arten der Verlandung von Seewinkellacken:

1.) Durch langes vollständiges Austrocknen entstehen trockenresistente Landreitgraswiesen. Sie schieben sich mit Hilfe von Wurzelausläufern vom Rand her über die salzige trockene Sedimentoberfläche und erzeugen sich ihren eigenen süßwasserführenden Torfhorizont.

2.) Durch Absenken des Wasserstandes ständig wasserführender Lacken entstehen Schilfgürtel, die schließlich die ganze Lacke bedecken und einen mächtigen süßwasserführenden Torfhorizont ausbilden.

Die Westliche Ochsenbrunnlacke (Lacke Nr. 71) ist eine nach Punkt 1 verlandete Lacke. Diese Lacke zählte noch 1975/76 zu den "Weißlacken" (DICK et al. 1994, Seite 164). Ursprünglich war sie mit der Ochsenbrunnlacke verbunden.

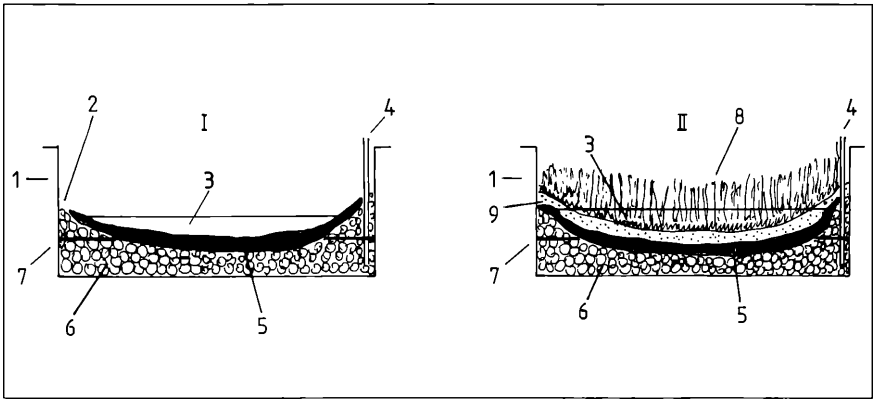

Abb. 2

Um die Frage beantworten zu können, ob diese Lacke, die den "klassischen" Bau der zentralen Seewinkellacken aufweist, durch einfaches Anheben des Frühjahrs-Grundwasserspiegels regeneriert werden könnte, wurde folgender Modellversuch durchgeführt:

Zwei Kunststoffwannen der Maße 100x50x50 cm wurden auf einem Flachdach in Wien IX, Währingerstraße, nebeneinander unter freiem Himmel aufgestellt. Sie wurden entsprechend der Skizze in Abb. 2 mit Schotter und Sediment aus der Ochsenbrunnlacke gefüllt, und zwar wurde eine flache

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

"Lackenmulde" nachgebildet. Versuch I stellt ein Modell der intakten Ochsenbrunnlacke dar, Versuch II ein Modell der verlandeten Westlichen Ochsenbrunnlacke. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Versuchsanordnungen besteht in einem von der Westlichen Ochsenbrunnlacke stammenden "Rasenziegel", der die oberste Schicht bildet und die Schwemmlößschicht ganz bedeckt. Durch die in der Skizze als "Brunnen" bezeichneten senkrecht angebrachten Rohre wurden beide Wannen mit destilliertem Wasser ganz gefüllt. Damit wurde der Modellversuch am 20. Juli 1998 gestartet. Danach wurden die beiden Lackenmodelle 14 Monate lang sich selbst überlassen. Sie waren Sonne, Wind, Regen, Schnee, Frost, Hitze und Trockenheit ausgesetzt wie die Lacken in der Natur auch.

Es gab keine Entwässerung. Die Modell-Lacken waren oft durch Regenwasser ganz gefüllt, manchmal auch ganz ausgetrocknet, wobei "Grundwasser" im Schotterkörper immer erhalten blieb.

Tabelle 3 enthält die an den Modell-Lacken gemessenen Daten.Man erkennt, daß beide Modell-Lacken ihren Charakter über 14 Monate exakt beibehielten.

Versuch I zeigte keine Anzeichen von Verlandung, die Muldentiefe blieb konstant, bis auf einzelne am "Ufer" wachsende Exemplare von Dorngras (Crypsis aculeata) erschienen keine Pflanzen. Im Sommer 1999 tauchten immer wieder Kleinkrebse auf (Moina brachiata, Arcodiaptomus spinosus, Branchinecta ferox-orientalis) (siehe EDER et al. 1997).

Im Oktober 1999 bildeten sich während des Austrocknens im Uferbereich des Modellgewässers bei Tageshöchsttemperaturen um 8°C ausgeprägte Salzausblühungen.

In Versuch II gedieh die Landreitgras-Pflanzengesellschaft trotz häufiger Überflutung sehr gut. Nach 14 Monaten hatte die Torfschicht um 2 cm zugenommen. Das System näherte sich einer "Schwarzlacke" mit stark huminstoffhaltigem Wasser, da infolge von Sauerstoffarmut der Abbau der Huminstoffe gehemmt war. (Die Meßwerte für den Sauerstoffgehalt lagen bei 20%-30% Sättigung.) Wie aus den Leitfähigkeits-Meßwerten hervorgeht, nahm der Salzgehalt innerhalb der Versuchszeit zu, der pH-Wert lag aber immer im neutralen Bereich, da die gebildeten Huminsäuren eine neutralisierende Wirkung ausübten.

Die Ergebnisse der Modellversuche weisen darauf hin, daß ein Revitalisieren von verlandeten Salzlacken durch bloßes Anheben des Grundwasserspiegels nicht ohne weiters möglich ist.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

6. Experimentelle Untersuchungen zur Salzdynamik im Sediment

Um über den Salzvorrat und den Salztransport innerhalb des "salzführenden Horizonts" Aufschluß zu erhalten, wurden Sedimentbohrkerne entnommen:

a) Aus der verlandeten Westlichen Ochsenbrunnlacke (Landreitgraswiese). Die Probennahmestelle lag im Zentrum dieser verlandeten Lacke (Probe WO am 24.8.98 bei schwachem Regen).

b) Aus der südlichen Randzone der Ochsenbrunnlacke im ausgetrockneten Zustand (Probe O1 am 20.7.98 kurz nach Rückzug der Lacke, Probe O2 am 24.7.98 bei trockenen Bedingungen, Probe O3 am 2.8.98 bei Schönwetter nach Regenfällen) und im überfluteten Zustand (Probe O4 am 28.3.99). Die vier Probennahmestellen befanden sich an den Eckpunkten eines Quadrats von 1m Seitenlänge. Die Probennahmen erfolgten mittels eines aufklappbaren Rohres mit 3 cm Innendurchmesser mit parallel geführtem dünnem Belüftungsrohr. Abb. 3 zeigt die Probennahmestellen a) und b).

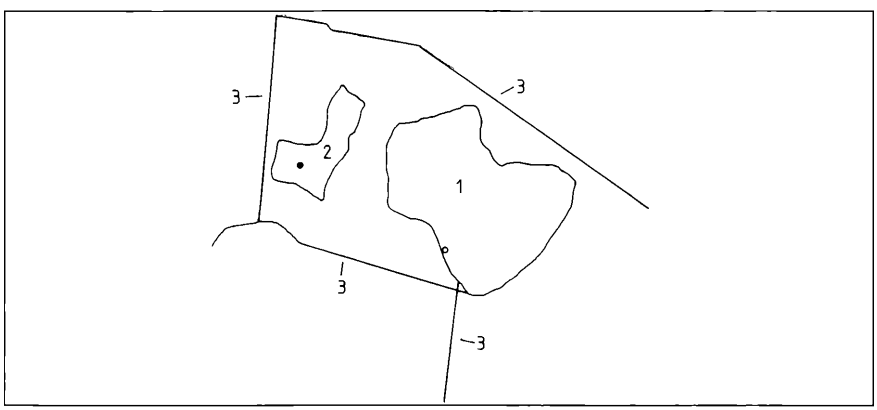

Abb.3

c) Aus der trockengelegten Legerilacke (schütterer Schilfbestand mit dazwischen wachsendem Queller (Salicornia europea)). (Probe L1 am 31.8.98 bei Schönwetter, Probe L2 am 2.9.98 bei Nieselregen). Die Probennahmen erfolgten mittels eines Handbohrgeräts der Firma Eijkelkamp.

Aus dem Untergrund der Legerilacke wurden außerdem drei Wasserproben entnommen. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 2 enthalten. Es handelt sich

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

hier vermutlich um einen diffusen Austritt eines enorm salzhaltigen "artesischen" Tiefenwassers, das im Bohrloch bis beinahe an die Oberfläche hochsteigt, jedoch nur sehr langsam, entsprechend der geringen Durchlässigkeit des jungtertiären Sediments. In den Untergrund des Neusiedlersees münden ebenfalls derartige Salzquellen, wie sich aus Analysen des Sediments des 1866 ausgetrockneten Neusiedlersees ergab (MOSER 1866). Enorme Mengen an Salzen blühten aus dem Seeboden aus, sie bestanden an einer der Probennahmestellen von Moser (wo diese lagen, gab er leider nicht an) zu 84-85% (Massenprozent) aus Na2SO4 zu 11-13% aus NaCl der Rest bestand aus NaHCO3 und MgSO4. Diese Angaben von Moser entsprechen ziemlich genau der Zusammensetzung der Legerilacken-Salze.

Abb. 4 –Abb. 13 zeigen Ergebnisse der Sedimentanalysen. Die experimentelle Methodik ist an anderer Stelle beschrieben (MILLERET 1999). Die Salze wurden mit destilliertem Wasser aus dem vorher bei 105°C getrockneten Sediment extrahiert.
Den Angaben von Löffler (LÖFFLER 1957) ist zu entnehmen, daß er die Legerilacke (die damals noch existierte) mit nur schwach basischem Wasser angetroffen hat, die Ochsenbrunnlacke dagegen mit stark basischem Wasser. Das entspricht der von uns gefundenen Salzzusammensetzung im Untergrund: Hauptkomponenten der Salze der Legerilacke sind das Natriumsulfat und das Natriumchlorid (beide reagieren in wässriger Lösung neutral), Hauptkomponente der Salze der Ochsenbrunnlacke ist das Natriumhydrogencarbonat (reagiert in wässriger Lösung basisch).

Die Salzzusammensetzung im Sediment der Westlichen Ochsenbrunnlacke ist sehr ähnlich der Salzzusammensetzung im Sediment der Ochsenbrunnlacke.

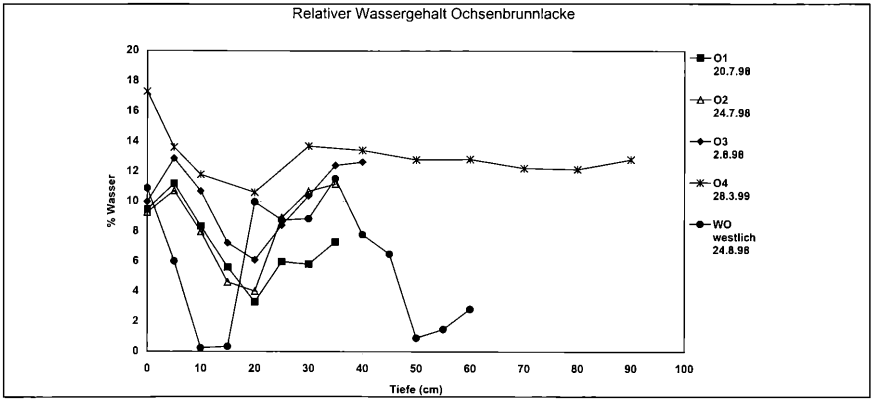

Abb.4

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

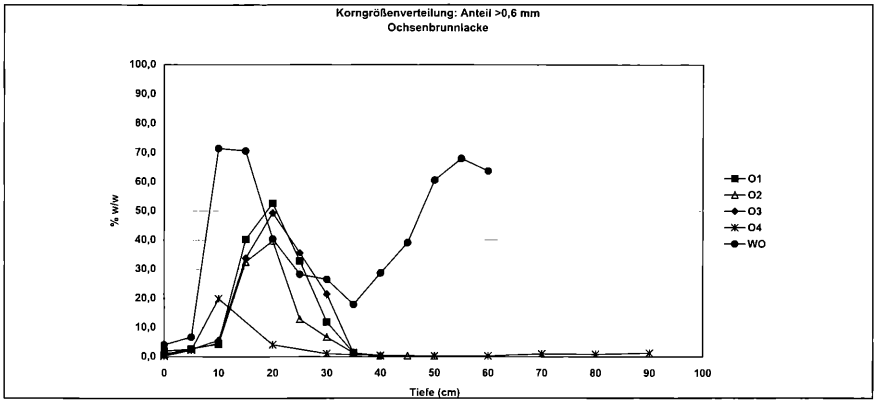

Abb. 5

Abb. 4 vergleicht den Wassergehalt der Sedimentproben aus Ochsenbrunn- und Westlicher Ochsenbrunnlacke. Berücksichtigt man den Einfluß der in Abb. 5 gezeigten Korngrößenverteilung, so ist folgendes zu erkennen:

a) Ochsenbrunnlacke: Der trockengefallene Lackenboden (Proben O1 bis O3) weist bis zu einer Tiefe von ca. 7 cm Wasserverluste durch Verdunstung auf. (Die Tiefe der Oberflächenaustrocknung ergibt sich aus dem Wettbewerb zwischen Verdunstungsrate und Geschwindigkeit des Aufstiegs der wässrigen Lösung in den Kapillaren.) Darunter liegt im gesamten "salzführenden Horizont" weitgehend Wassersättigung vor, mit und ohne Wasserbedeckung. Dies ist auf Kontakt der Basis des Schwemmlößhorizonts mit dem Grundwasserkörper zurückzuführen.

b) Westliche Ochsenbrunnlacke: Diese Probe weist an der Oberfläche sowie im Bereich von 20-35 cm Tiefe weitgehend Wassersättigung auf, ist aber in den Tiefen von 10-15 cm und 50-60 cm nicht wassergesättigt bzw. fast trocken.

Im Zuge der letzten Austrocknungsphasen dieser verlandeten Lacke haben die feinkörnigen Schichten ihren Wassergehalt also beibehalten, während die grobkörnigeren Schichten ihren Wassergehalt durch Verdunstung verloren haben.

Dies lässt sich daraus verstehen, dass die grobkörnigeren Schichten im wassergesättigten Zustand mit höheren Wasserdampfpartialdrucken der Bodenluft im Gleichgewicht stehen als die feinkörnigeren. Bei gleichem angebotenem Wasserdampfpartialdruck trocknen daher die grobkörnigeren Schichten aus, die feinkörnigen jedoch nicht.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

In diesem Bohrloch gab es keinen Hinweis auf Kontakt des Schwemmlößhorizonts mit dem Grundwasser.

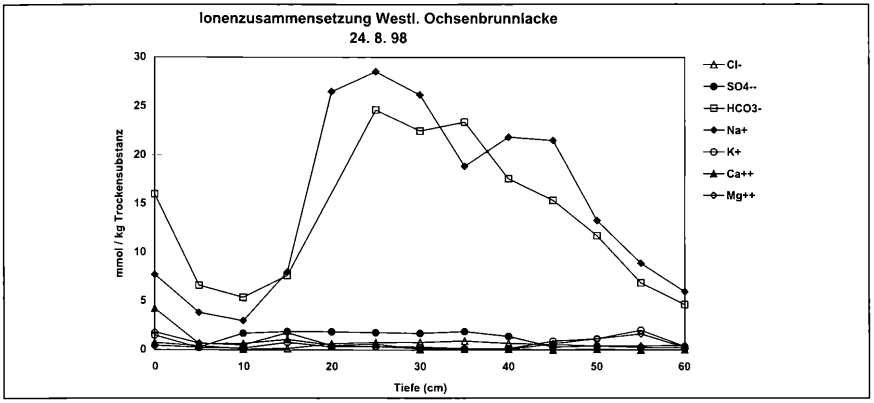

Abb. 6

Abb. 6 zeigt die Salzzusammensetzung des Bohrkerns aus der Westlichen Ochsenbrunnlacke bezogen auf die Sediment-Trockenmasse. Der große Peak in 30-40 cm Tiefe ist hauptsächlich auf die Korngrößenverteilung zurückzuführen (siehe Abb. 5) (die dort vorhandene Tonfraktion vermag viel mehr Porenwasser und damit Salz aufzunehmen als das grobkörnigere Material), bedeutet aber doch auch eine "echte" Anreicherung, wenn man mit Profilen der intakten Ochsenbrunnlacke vergleicht, deren Sediment sogar noch feinkörniger ist (siehe Abb. 7a 7b). Diese Salzanreicherung stammt aus einer Zeit, als die Lacke den Kontakt zum Grundwasser bereits verloren hatte und alljährlich austrocknete, jedoch noch nicht verlandet war. Man kann die

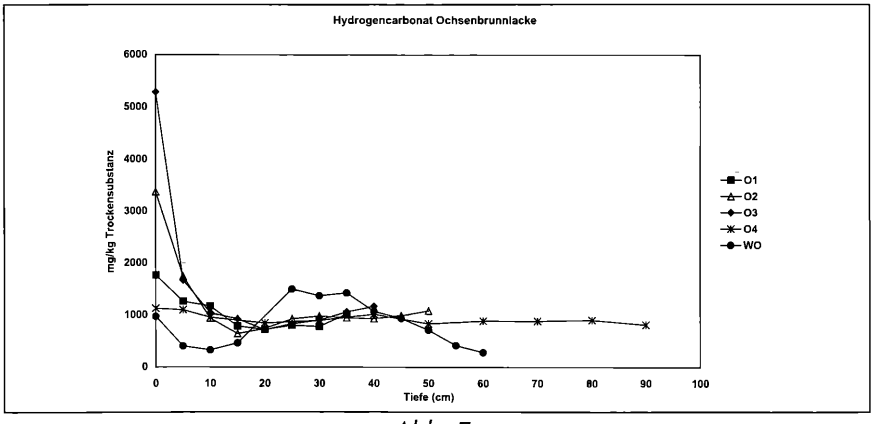

Abb. 7a

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

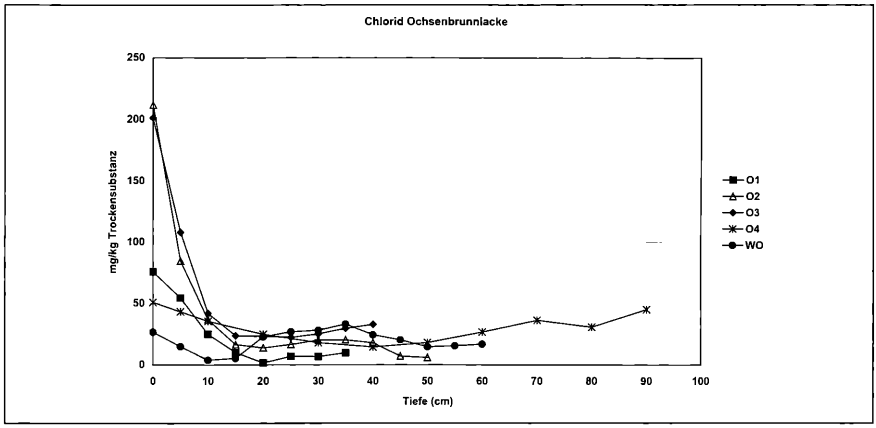

Abb. 7b

Bildung von Anreicherungshorizonten auf den abwärtsführenden Kapillarwasserstrom zurückführen, der auftritt, wenn Regen auf den ausgetrockneten Schwemmlöß fällt. Derartige Horizonte wurden auch in den Sedimentprofilen anderer Seewinkellacken festgestellt (KRBEC 1997). Sie weisen darauf hin, dass der Kontakt zum Grundwasser abgerissen ist.

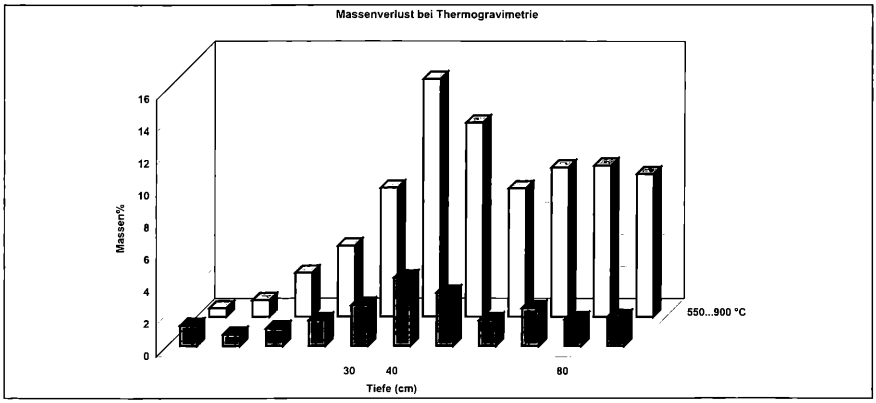

Abb. 8

Abb. 8 zeigt für den Bohrkern O4 (Ochsenbrunnlacke) den thermogravimetrischen Massenverlust. Es ist zu erkennen, dass vor allem der feinkörnige Bereich ab 40 cm Tiefe bedeutende Massenverluste in beiden Temperatur-

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

bereichen aufweist, was a) auf die Abgabe von Wasser aus Quelltonen und Salzhydraten sowie auf das Verbrennen organischen Materials im niedrigeren Temperaturbereich, b) auf die Zersetzung von Karbonaten im höheren Temperaturbereich zurückzuführen ist. Letzteres stimmt überein mit den Beobachtungen von Blohm (BLOHM 1974), der in Neusiedlersee-Sedimenten den größten Karbonatanteil stets in der Tonfraktion fand.
Die aus dem thermogravimetrischen Massenverlust zu schließende Anreicherung von Karbonaten und organischen Verbindungen in 40 cm Tiefe könnte auf das Versickern von windverdriftetem Rest-Lackenwasser in Schwundrissen hinweisen. Die Bildung von bis zu 40 50 cm tiefen Schwundrissen ist im Zuge oberflächlicher Austrocknungsphasen der Lacken regelmäßig zu beobachten.

Abb. 9 zeigt die Chlorid-Konzentrationen im Porenwasser. Die beiden Peaks der Probe WO entsprechen den beiden ausgetrockneten Horizonten. Durch Verdunstung aus dem Untergrund hat sich das Porenwasser aufkonzentriert. Bei Wassersättigung wäre die Chloridkonzentration im Porenwasser über das gesamte Tiefenprofil weitgehend konstant und gleich der Chloridkonzentration im wassergesättigten "intakten" Sediment (bis auf den geringfügigen Anreicherungseffekt in 30 – 40 cm Tiefe).

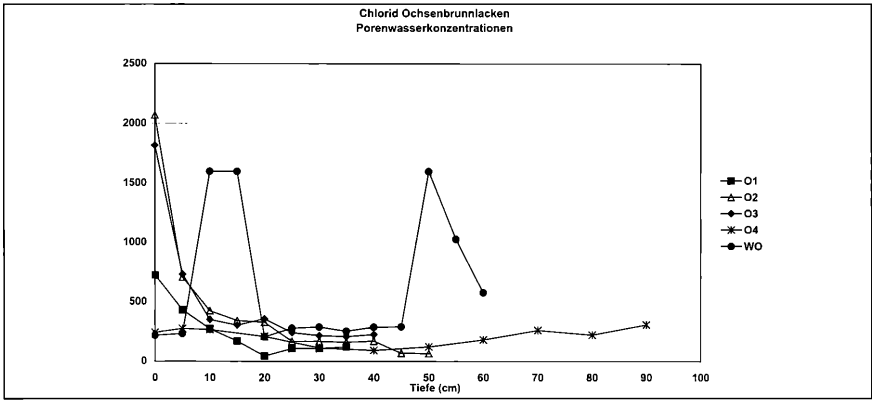

Abb. 9

Bei allen in temporär ausgetrockneten, aber nicht verlandeten Lackenbereichen gezogenen Sedimentbohrkernen ist die oberflächliche Anreicherung der Salze durch kapillaren Aufstieg zu erkennen, siehe Abb. 7a – 7b und Abb. 10 (Salzzusammensetzung des Bohrkerns O2, bezogen auf die Trockenmasse). Die Anreicherung findet in den wasserungesättigten obersten 7 Zentimetern statt, mit einer charakteristischen Kurve. Je tiefer die Menisken

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

in den Untergrund wandert, desto weniger effizient wird die Anreicherung. Das Minimum der Salzgehalte in 15 cm Tiefe ist auf ein Korngrößenmaximum zurückzuführen (siehe Abb. 5).

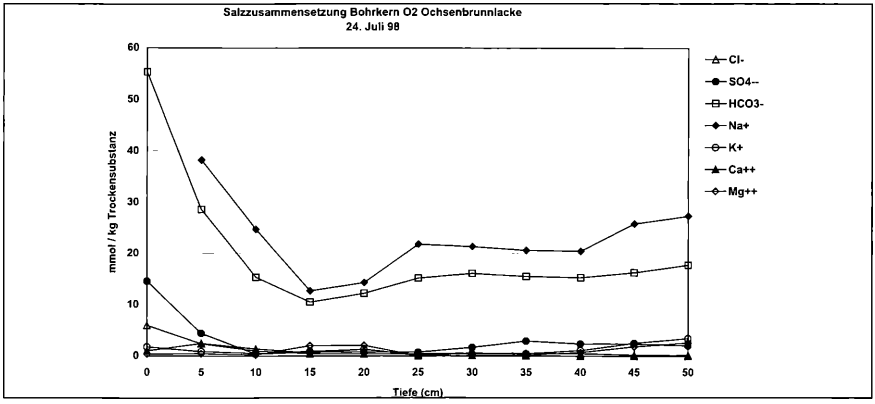

Abb. 10

O4, der unter Wasser gewonnene Bohrkern, zeigt konstante Salzgehalte über die ganze Tiefe: Die obersten 7 cm, die im trockenen Zustand eine Anreicherung zeigten, sind offenbar durch das Lackenwasser ausgelaugt worden (Abb. 7a – 7b).

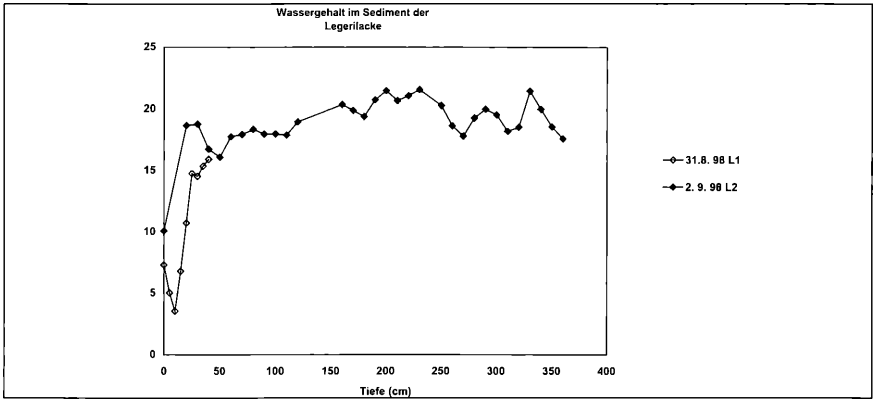

Abb.11

Abb. 11 zeigt den Wassergehalt der Bohrkerne aus der Legerilacke. Hier reicht der Einfluß der rezenten Oberflächenverdunstung tiefer in den Untergrund hinab als bei der Ochsenbrunnlacke, nämlich ca. 25 cm tief. Dieser Wert lässt sich aus dem Unterschied zwischen den Wassergehaltskurven der

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

beiden Bohrkerne L1 und L2 ablesen, wenn man annimmt, dass die Korngrößenverteilung in beiden Fällen ähnlich ist und dass der bei Regen genommene Bohrkern L2 bis an die Oberfläche wassergesättigt ist.

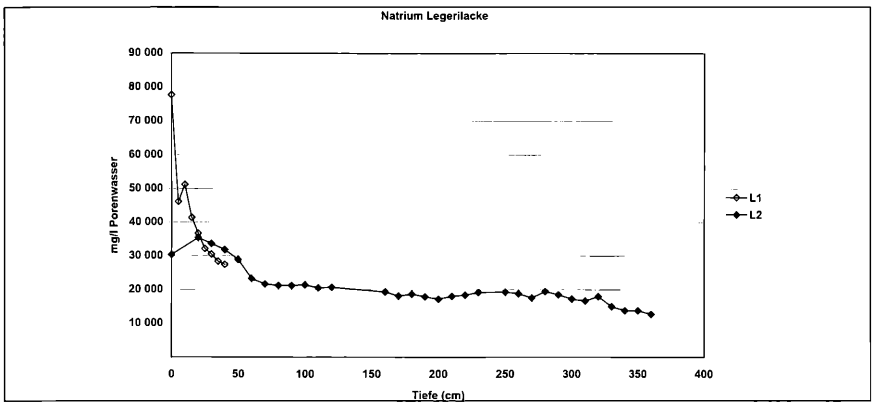

Abb. 12a

Der Wasseranteil ist generell höher als im wassergesättigten Ochsenbrunnlackensediment. Es sieht so aus, als ob aktiv aufsteigendes Quellwasser sogar eine Wasser-Übersättigung verursachen würde, sodaß über 20 Massenprozent Wasser im Sediment enthalten sind.

Das liegt am im Vergleich zum Ochsenbrunnlackensediment - geringeren Gehalt an $NaHCO_3$. Der pH-Wert ist daher niedriger, die Wasserdurchlässigkeit höher. Das heißt, ein Teil des Porenwassers ist frei beweglich, was im "salzführenden Horizont" der zentralen Seewinkellacken nicht der Fall ist. Dieser größeren Beweglichkeit des Porenwassers entspricht ein höherer Geichgewichts-Wasserdampfpartialdruck über dem wassergesättigten Sediment und daher besteht auch die Neigung, in Trockenzeiten bis in größere Tiefen hinab auszutrocknen.

Abb. 12a – 12b zeigen die Porenwasserkonzentrationen von Na^+, K^+, Ca^{2+}, Sulfat und Chlorid. Die gegenüber Probe L2 erhöhten Konzentrationen im oberflächennahen Porenwasser von Probe L1 weisen wiederum auf die wasserungesättigte Zone in Probe L1 bis in ca. 25 cm Tiefe hin. Die in den Diagrammen dargestellten "theoretischen" Porenwasserkonzentrationen sind in diesem Bereich so hoch, dass die Löslichkeiten der Salze teilweise überschritten sind, sodass ein Auskristallisieren im Untergrund stattgefunden haben muss.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

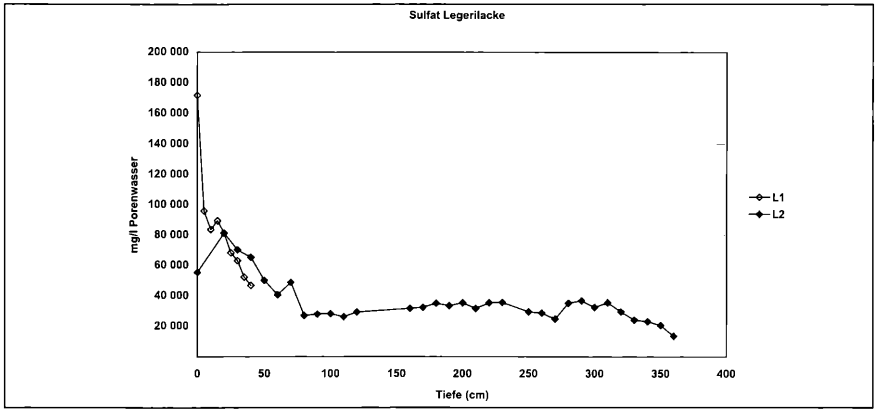

Abb. 12b

Darüber hinaus zeigen beide Bohrkerne auch im wassergesättigten Bereich ab ca. 70 cm Tiefe ein Ansteigen der Salzkonzentrationen gegen die Oberfläche hin. Offenbar war das Sediment früher einmal bei sehr heißem,

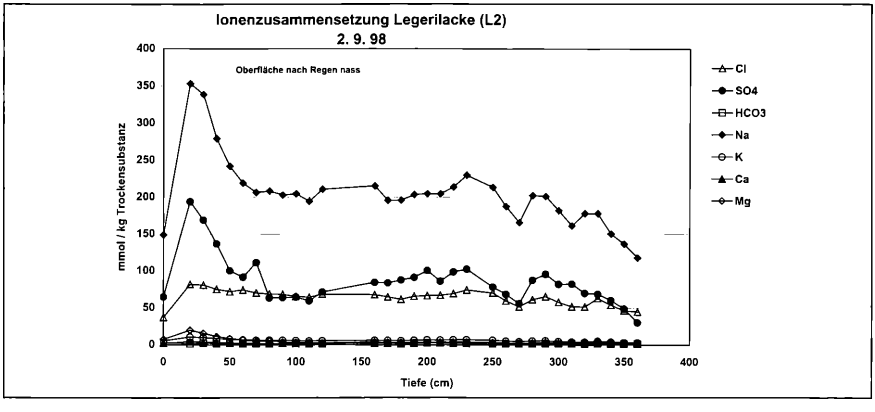

Abb. 13a

trockenem, windigem Wetter bis in 70 cm Tiefe nicht mehr wassergesättigt und es erfolgte Salzanreicherung durch Verdunstung auch noch bis in diese Tiefe. Die nachkommende aufsteigende Lösung verwischt solche Spuren früherer Vorgänge nach und nach.

Abb. 13a – 13b, Salzzusammensetzung von L2, lassen diese tiefreichende Anreicherung deutlich erkennen. Entsprechend der unterschiedlichen Be-

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

weglichkeit der verschiedenen Ionen im Untergrund ist der Effekt allerdings nicht für alle Ionen gleich ausgeprägt.

Der starke Abfall der Salzgehalte in der obersten Schicht korreliert mit dem der Wassergehalte (siehe Abb. 11) und ist demzufolge zum Teil als Korngrößeneffekt zu interpretieren. Die Porenwasserkonzentrationen in Abb. 12a – 12e zeigen jedoch ganz deutlich, dass innerhalb von zwei Tagen (zwischen den beiden Probennahmeterminen von Bohrkern L1 und L2) bereits beträchtliche oberflächliche Abreicherung durch percolierendes Regenwasser stattgefunden haben muss.

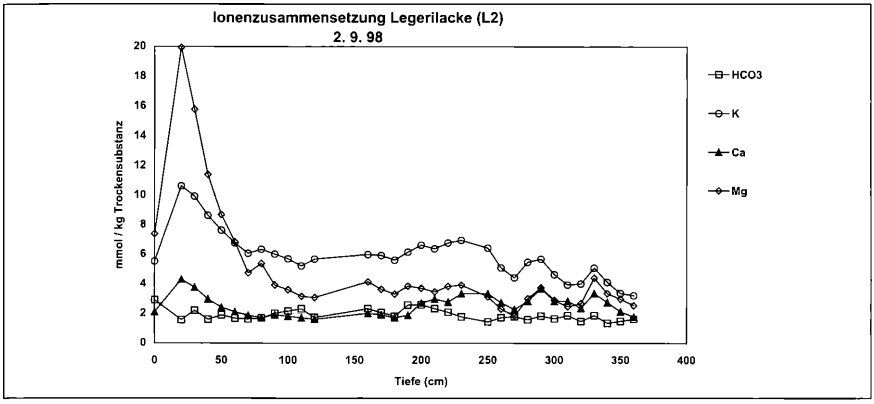

Abb. 13b

Vergleicht man die Ergebnisse für die Legerilacken-Bohrkerne, wo eindeutig ein unerschöpflicher Vorrat an Salzwasser langsam aber stetig durch Verdunstung nach oben transportiert wird, mit den Ergebnissen für die Ochsenbrunnlacke, so erkennt man Ähnlichkeiten. Es scheint, als ob nach Trockenfallen des Lackenbodens Grundwasser mit genau den Ionenkonzentrationen, welche auch im wassergesättigten Porenraum des Schwemmlöß vorhanden sind, von unten, also aus dem Aquifer unterhalb des Schwemmlößhorizonts, hochgesaugt würde.

Wenn das stimmt, dann liegt die Vermutung nahe, daß jede "lebende" Salzlacke der ständigen (wenn auch langsamen) Salzzufuhr von unten bedarf. Diese Zufuhr erfolgt stoßweise, d.h. nur in Zeiten oberflächlicher Austrocknung der Uferzonen oder auch der gesamten Lacke, und nur dann, wenn trotz des trockenen Wetters der Flurabstand sehr gering bleibt, sodass unterhalb des Schwemmlößhorizonts keine wasserungesättigte Zone auftritt.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Indikatoren für ein funktionierendes System der Salznachlieferung sind oberflächlich zu beobachtende Salzausblühungen, die nicht nur bei heißem, sondern auch bei kühlem sonnigem Wetter regelmäßig zu beobachten sind. Bleiben die Salzausblühungen aus, so kann man mit Sicherheit annehmen, dass sich zum Zeitpunkt der Beobachtung unterhalb des Schwemmlößhorizonts im Aquifer Luft befindet, dass also die Grundwasseroberfläche zu weit abgesenkt wurde. Am 19. 10. 1999 fanden die Autoren im Bereich der Probennahmestellen O1 – O4 (Ochsenbrunnlacke) eine derartige Situation vor. Eine Probebohrung bewies die nunmehr wasserungesättigte Zone unterhalb des Schwemmlößhorizonts.

7. Zusammenfassung

Die Salzlacken des zentralen Seewinkels sind Reste eiszeitlicher Kleinstrukturen. Ihre Existenz verdanken sie einem Zusammenspiel außergewöhnlicher Faktoren. Ihr Salzgehalt stammt aus unergiebigen Quellen, die verborgen geblieben wären, wenn nicht sehr geringe Flurabstände in Verbindung mit einem oberflächlich liegenden sehr feinkörnigen Sediment zu einem ariden Kleinklima im Bereich der Lacken und Salzböden führen würden. Das aride Kleinklima einer Geländeoberfläche ist dadurch definiert, dass die jährlich von ihr verdunstende Wassermenge den jährlich auf sie fallenden Niederschlag übertrifft.
Basische Gewässer sind grundsätzlich an arides Klima in diesem Sinne gebunden.

Die Grundwasserabsenkung durch Entwässerungsmaßnahmen hat in der Vergangenheit das Kleinklima vieler Lacken von arid nach humid verschoben und daher zum Aussüßen und Verlanden dieser Lacken geführt. Intakt sind nur mehr diejenigen Lacken, die auch heute noch Flurabstände unter 0.5 m und damit arides Kleinklima aufweisen.

In intakten Salzlacken verhindern zwei spezielle Mechanismen die Verlandung:

a) Das Prinzip der pulsierenden Ufervegetation (Überflutung mit Lackenwasser tötet die vordringende Vegetation immer wieder ab);
b) Die Wirkung der anorganischen Trübe (verhindert die Sedimentation von organischen Kohlenstoff).
   Die Stabilität der anorganischen Trübe hat den ungehinderten Zutritt des Windes zur Voraussetzung, der die im Wasser gebildeten sauren wasserlöslichen Gase (vor allem CO2) laufend mit der Atmosphäre ins Gleichgewicht bringt.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Drei Faktoren sind Voraussetzung für die Erhaltung der Salzböden und Salzlacken des Seewinkels:

a) Geringer Flurabstand (ermöglicht Salzanreicherung in Phasen oberflächlicher Austrocknung)
b) Starke jahreszeitliche Schwankungen des Grundwasserspiegels (ermöglichen pulsierende Ufervegetation)
c) Windausgesetztheit (stabilisiert die Trübe).

Die meisten heute noch intakten Lacken des Seewinkels erfüllen infolge Regulierung des Grundwasserstandes Punkt b) und daher auch Punkt c) nicht mehr im ausreichenden Maß. Ein Schilfgürtel im Uferbereich verursacht Windschutz und damit verknüpft eine totale Veränderung der Wasserchemie. Es kommt zur Sedimentation reduzierten Kohlenstoffs und damit zur Verlandung. Sobald sich eine organische Bodenschicht über das feinkörnige Sediment schiebt, wandelt sich an dieser Stelle (infolge der nun geringeren Verdunstung) das Kleinklima von arid nach humid und die Lacke verliert ihre Regenerationsfähigkeit.

8. Diskussion

1994 wurde der Xixsee-Kanal (im Einvernehmen zwischen Naturschutz und Wasserbau) durch ein Wehr zurückgestaut. Sobald ein Austrocknen der Langen Lacke nicht mehr unmittelbar zu befürchten war, wurde das Wehr jedoch wieder entfernt.

Der Xixsee-Kanal floß dementsprechend im Frühjahr 1999 viele Wochen lang als breiter Strom sauberen Wassers, beladen mit den Salzen des Seewinkels, dem Einserkanal und damit der Donau zu.

Man ist derzeit der Ansicht, daß ein extrem hoher Wasserstand im Frühjahr für die Erhaltung der Langen Lacke und der Wörthenlacken nicht von essentieller Bedeutung sein kann. Das weitverzweigte Entwässerungsnetz im Seewinkel bewirkt eine relativ geringe (ca. 100 cm) Absenkung des Frühjahrs-Grundwasserspiegels im Gebiet der Langen Lacke und ein rasches Ausfließen nach Niederschlägen, hält aber dann den Grundwasserspiegel auf einem durchaus akzeptablen Niveau (HAAS et al. 1992). Man geht davon aus, daß, sofern eine weitere Absenkung des Grundwasserspiegels verhindert werden kann, den derzeit noch vorhandenen Lacken keine Gefahr droht. Das zugrundeliegende Denkmodell ist die Idealvorstellung vom übers Jahr möglichst konstanten Grundwasserpegel.

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Dies erinnert an die Ansicht von Kopf (KOPF 1963), der die Aufgabe der Wasserwirtschaft im Neusiedlerseegebiet darin sah, See und Seewinkel "gegen die Willkür der klimatischen Ereignisse abzuschirmen, die den See und die Lacken zwischen den Extremen der Austrocknung und der Überflutung pendeln lassen" Er sah in diesen starken natürlichen Wasserstandsschwankungen sogar einen "Hauptfeind" dieser Gewässer, der "ihren Bestand bedroht"

Demgegenüber wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit gezeigt, daß der für den Fortbestand der Salzlacken entscheidende Faktor nicht ein übers Jahr konstant gehaltener Grundwasserpegel ist, sondern die natürliche starke Dynamik im Wasserhaushalt, mit ausgeprägten Grundwasserhochständen und Überflutungen im Frühjahr und Frühsommer.

Zu diesem Schluß führte vor allem die Beobachtung der streng gesetzmäßigen Wechselwirkungen zwischen Ufervegetation und Lackenwasserchemismus im Jahresrhytmus.

Die Ergebnisse der Sedimentanalysen zeigen darüber hinaus, daß für die Salzversorgung der Lacken im zentralen Seewinkel die Lage der Grundwasseroberfläche relativ zum Schwemmlößhorizont von besonderer Bedeutung ist. Tritt allzu häufig eine wasserungesättigte Zone im Aquifer unterhalb des Schwemmlößhorizonts auf, so wird die Lacke im Laufe der Jahrzehnte Salzverluste erleiden, die sie aus dem Vorrat innerhalb ihres "salzführenden Horizonts" letztendlich nicht mehr ausgleichen kann.

Eine der ersten und auffälligsten Auswirkungen des Salzmangels ist die Neigung zur "Eutrophierung" Der Trophiegrad der Seewinkellacken wird durch den Salzgehalt reguliert. Die natürlichen Nährstoffgehalte sind so hoch, dass diese Gewässer bei anthropogen verringertem Salzgehalt zeitweilig hypertroph werden und regelrecht "umkippen" können.

In der Salzlackenlandschaft des Seewinkels ist seit dem Ende der letzten Eiszeit die Zeit stehengeblieben. Vorzeitliche Formenzeugen von zartester Struktur, geringfügige Höhenunterschiede im Gelände bestimmten seither und bestimmen heute noch über Existieren oder Vergehen von Lacken und Salzböden. Künstlich eingetiefte Entwässerungsgräben bedeuten einen gewaltigen Eingriff in diese empfindliche Geländeoberflache. Die seit Jahrtausenden ständig wirksamen Wasserstandsschwankungen sind heute sehr gedämpft, der geringe natürliche Abfluß aus diesem Gebiet ist stark erhöht. Jeder, dem die Schutzwürdigkeit der Seewinkellacken ein Anliegen ist, sollte

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

sich verstärkt für Rückbaumaßnahmen an den Entwässerungssystemen einsetzen, denn dies ist die Grundlage, auf der letzten Endes alle anderen Naturschutzmaßnahmen aufbauen müssen.

Danksagung:

Für das Bestimmen der Kleinkrebse danken wir Herrn Andreas Fuchs.

Literatur:

BELOCKY R.:
Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Lacken- und Grundwasser im Seewinkel auf der Basis von Isotopenanalysen; Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Bericht G 4271/91.57 (1991).
BERNHAUSER A.:
Zur Verlandungsgeschichte des Burgenländischen Seewinkels; Wiss. Arb. Bgld. 29, pp. 143 – 171 (1962).
BLOHM M.:
Sedimentpetrographische Untersuchungen am Neusiedlersee; Dissertation an der Naturwissenschaftlichen Gesamtfakultät der Ruprecht – Karl –Universität Heidelberg, (1974).
BOROVICZENY F. et al.:
Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geophysik und Geochemie 1980-1990, Forschungsbericht 16, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien (1990).
DICK G. et al:
Vogelparadies mit Zukunft? Ramsarbericht 3, Neusiedlersee-Seewinkel, Hrsg. Umweltbundesamt, Wien (1994).
EDER E., HÖDL W. und GOTTWALD R.:
Distribution and Phenology of Large Branchiopods in Austria; Hydrobiologia 359, pp. 13-22 (1997).
EVANGELOU V.P.:
Soil and Water Chemistry; John Wiley & Sons New York (1998).
FRANZ H. und HUSZ G.:
Die Salzböden und das Alter der Salzsteppe im Seewinkel; Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. H. 6 (1961).
FRANZ H., HÖFLER K. und SCHERF E.:
Zur Biosoziologie des Salzlachengebietes am Ostufer des Neusiedlersees; Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, pp. 297 – 364 (1937).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

FRASL G.:
Zur Petrographie der Sedimente des Seewinkels, Mitteilungen der Österr. Bodenk. Ges., Heft 6 (1961).
FRITSCH V. und TAUBER A.F.:
Die Mineralwässer des Neusiedlerseegebietes; Wiss. Arb. A. d. Burgenland, Heft 23, Eisenstadt (1959).
GISI U.:
Bodenökologie; Georg Thieme Verlag Stuttgart (1990).
GRÜLL A., RAUER G. und SAGMEISTER H.:
Ökologische Untersuchungen am Wasservogel-Botulismus im Seewinkel (Neusiedlerseegebiet); Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept Neusiedler See Forschungsprojekt BC 7a "Botulismus" Endbericht 1984 – 1986 (1986).
HAAS P., HAIDINGER G., MAHLER H., REITINGER J. und SCHMALFUSS R.:
Grundwasserhaushalt Seewinkel; Forschungsbericht 14, Beitrag zum Forschungsprogramm Hydrologie Österreichs, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft TU Wien (1992).
HERZIG A.:
Monitoring of Lake Ecosystems; Linz Workshop on Monitoring of Ecological Change in Wetlands of Middle Europe, Okt. 1993: IWRB Publ. Nr. 30: pp. 17 – 28 (1993).
HUSZ G.:
Untersuchungen über die Entstehung von Salzböden im Seewinkel (Burgenland) als erste Grundlage ihrer Melioration; Diss. Hochschule für Bodenkultur, Wien (1962).
KAIM W. und SCHWEDERSKI B.:
Bioanorganische Chemie; B.G. Teubner Stuttgart (1995).
KOPF F.:
Wasserwirtschaftliche Probleme des Neusiedlersees und des Seewinkels; Österreichische Wasserwirtschaft, Jahrgang 15, Heft 9/10, pp. 190-203 (1963).
KRACHLER R.:
Beitrag zum Wasserhaushalt der Lacken des Seewinkels; Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, BFB.Bericht 79, pp. 63-82, Illmitz (1993).
KRBEC H.:
Zur Frage des Diffusionsverhalten von Salzen in Sedimenten des Burgenländischen Seewinkels; Diplomarbeit an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien (1997).
LÖFFLER H.:
Beitrag zur Kenntnis der Neusiedlersee-Sedimente; Sitzungsbericht d. Österr. Akademie d. Wissenschaften, math. nat. Klausur, Wien, 179, pp. 313 – 318 (1971).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

LÖFFLER H.:
Der Neusiedlersee; Molden, St. Pölten (1974).
LÖFFLER H.:
Der Seewinkel; NÖ Pressehaus, Wien (1982).
LÖFFLER H.:
Neusiedlersee: The Limnology of a Shallow Lake in Central Europe; Monographiae Biologicae, Bd. 37, Jahrg. 10, Den Haag (1979).
LÖFFLER H.:
Vergleichende limnologische Untersuchungen an den Gewässern des Seewinkels; Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, Band 97, pp. 27-52 (1957).
LÖFFLER H.:
Zur Limnologie der Steppenseen; Verh.Internat.Verein.Limnol. XIV, pp. 1136-1141 (1961).
LÖFFLER H.:
Zur Limnologie, Entomostraken- und Rotatorienfauna des Seewinkels; Sitzungsberichte d. Österr. Akad. d. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., Abt. I, Bd. 168, pp. 315-362, Wien (1959).
MILASOWSZKY N., ZULKA K.P.:
Arthropodenzönosen der Salzlacken im Seewinkel als Grundlage für die Naturschutzarbeit; Studie im Auftrag des BMWF und des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Endbericht (1994).
MILLERET E.:
Untersuchungen zum Salzhaushalt von Lacken des Burgenländischen Seewinkels; Diplomarbeit an der Formal-und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, (1999).
MOSER I.:
Der abgetrocknete Boden des Neusiedler Sees; Jahrbuch der k.k. geol. Reichsanstalt XVI, pp. 338-344 (1866).
MÜLLER G.:
Sedimentbildung im Plattensee/Ungarn; Naturwissenschaften 56. Jahrg., Heft 12 (1969).
MÜLLER G:, IRION G. and FÖRSTNER U.:
Formation and Diagenesis of Inorganic Ca-Mg Carbonates in the Lacustrine Environment; Naturwissenschaften, 59. Jg., Heft 4, pp. 158-165 (1972).
NEUHUBER F., BROSSMANN H. and ZAHRADNIK P.:
Phosphorus and Nitrogen; in Neusiedlersee, Limnology of a Shallow Lake in Central Europe; edited by H. Löffler; Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague-Boston-London, pp. 101-120 (1979).
OTT J.:
Meereskunde; Verlag Eugen Ulmer Stuttgart (1996).

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

RIEDL H.:
Beiträge zur Morphogenese des Seewinkels; Wiss. Arbeiten Bgld. 34, pp 5-28, Eisenstadt (1965).
SCHEFFER F. und SCHACHTSCHABEL P.:
Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1998).
SIGG L. und STUMM W.:
Aquatische Chemie; B.G. Teubner Verlag Stuttgart (1991).
STEINER K.-H.:
Geologie und Hydrologie der kleinen Ungarischen Tiefebene; Studienblätter zur Vorlesung "Forschung im Nationalpark –Beispiel Neusiedlersee-Seewinkel", TU Wien (1997).
STEINER K.-H.:
Hydrogeologische Untersuchungen zur Beurteilung des Wasserhaushalts ausgewählter Salzlacken im Seewinkel (Burgenland). Diplomarbeit Formal- u. Naturwiss. Fak. Universität Wien (1994).
STUNDL K.:
Wasser und Plankton der Zicklacken im Seewinkel am Ostufer des Neusiedlersees; Burgenländische Heimatblätter, 11. Jahrg., Heft Nr. 1, Eisenstadt (1949).
TAUBER A.F., KNIE K., GAMS H. und PESCHEK E.:
Die artesischen Brunnen des Seewinkels im Burgenland; Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien-Kaisermühlen, Band 1958 "Beiträge zur Gewässerforschung" (1958).
TAUBER A.F.:
Grundzüge der Tektonik des Neusiedlerseegebiets; in Landschaft Neusiedlersee, Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 1959, p. 30 (1959).
VOIGT H.-J.:
Hydrogeochemie; Springer–Verlag Berlin Heidelberg New York (1990).

R. Krachler, Limnochemische Untersuchungen zur aktuellen Situation der Salzlacken im Burgenländischen Seewinkel

Tabelle 1

Probenstandort	elektr. LF µS/cm	Temp. °C	O_2 - Sättigung %	pH-Wert	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^{+} mg/l	K^{+} mg/l	Cl^{-} mg/l	NO_3^{-} mg/l	SO_4^{2-} mg/l
Oberer Stinkersee	9010	12.5	103	9.61	12	44	1301	30	400	47	856
Illmitzer Zicksee	5880	13.8	100	9.08	8	128	463	32	355	43	919
Ochsenbrunn-Lacke	12300	14.1	104	9.50	6	34	1272	31	301	43	1162

Tabelle 1

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Tabelle 1 Bedingungen, die zu hohen Nitratkonzentrationen in Seewinkellacken führen. Probennahmetag: 6. 11. 1999. Die Kationen-Konzentrationen wurden (nach Entfernen der Trübe durch Zentrifugieren) mittels Flammen-AAS bestimmt, die Anionen-Konzentrationen mittels Ionenchromatographie.

R. Krachler, Limnochemische Untersuchungen zur aktuellen Situation der Salzlacken im Burgenländischen Seewinkel

Tabelle 2

Probe	gelöste Salze Mg/l	Chlorid mg/l	Sulfat mg/l	Hydrogen-carbonat mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	elektr. Leitfähigkeit µS/cm
LL1	49 968	5 600	30 400	1 220	11 781	225	106	637	45 200
LL2	76 796	10 400	44 800	1 233	17 743	1 245	315	1 060	64 200
LL3	70 688	10 800	37 200	1 257	18 777	1 258	317	1 080	63 500
Xix	1 665	52	330	818	357	14	43	51	1 880
Meer-wasser	35 061	19 353	2 712	142	10 760	387	413	1 294	

Tabelle 2

Tabelle 2: Ionenkonzentrationen in den Porenwasserproben LL1 (Legerilacke 31. 8. 98, 95 cm Tiefe); LL2 (Legerilacke 6. 9. 98, 370 cm Tiefe); LL3 (Legerilacke 4. 9. 98, 130 cm Tiefe); Xix (Xixsee-Entwässerungsgraben 18. 10. 98); Meerwasser (durchschnittliche Werte für euhalines Meerwasser, OTT 1996).

Datum	Uhrzeit	Pegelstand cm		Temp.°C		pH-Wert		Leitfähigkeit µS/cm	
		I	II	I	II	I	II	I	II
21.7.98	13^h	5	6	32	30.5	10.28	7.54	3900	65
22.7.98	14^h	1	2	33.5	32.7	9.96	6.56	6570	429
24.7.98	11^h	trocken	1		27.5		7.37		770
27.7.98	14^h	5	5	29.0	28.8	9.93	7.07	2500	147
28.7.98	13^h	7	7	22.5	22.0	9.92	6.75	2960	334
29.7.98	12^h	5	6	27.4	26.2	10.72	6.64	4380	504
8.9.99	14^h	2	1	24.0	23.8	8.80	7.02	2800	1200

Tabelle 3

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

Tabelle 3: I Modellversuch "intakte Salzlacke";
II Modellversuch "nach langem Trockenfallen verlandete Salzlacke"

Figure captions:

Abb. 1 Modellvorstellung "zentrale Seewinkellacke": 1) Weingarten; 2) Lackenhang; 3) Salzboden; 4) Salzausblühungen derzeit möglich; 5) Lackenwasser; 6) dünner Sand- und Schotterbelag; 7) salzführender Horizont; 8) Grundwasseroberfläche; 9) Grundwasserströmungsrichtung; 10) Riss-Schotter; 11) Würm-Schotter.

Abb. 2: Schema der Modellversuche zur Verlandung trockengefallener Seewinkellacken: Versuch I: intakte Lacke; Versuch II: verlandete Lacke; 1) Wanne; 2) "Fenster" zum Grundwasser; 3) Lackenwasser; 4) Brunnen; 5) 5 cm Schwemmlöß (salzführend); 6) 12 cm Schotter; 7) Grundwasserpegelstand; 8) Pflanzengesellschaft; 9) 5 cm Sand (durchwurzelt).

Abb. 3: Lage der Probennahmepunkte im Bereich der Ochsenbrunnlacke: 1) Ochsenbrunnlacke; 2) Westliche Ochsenbrunnlacke; 3) Straße; Σ Probennahmepunkt WO; o Probennahmepunkte O1 bis O4. 1 cm = 100 m

Abb. 4: Wassergehalte der Sedimentbohrkerne aus der Ochsenbrunnlacke und der Westlichen Ochsenbrunnlacke als Funktionen der Tiefe (in Massenprozent, bezogen auf das Naß-Sediment).

Abb. 5: Korngrößenverteilung der Sedimentbohrkerne aus der Ochsenbrunnlacke und der Westlichen Ochsenbrunnlacke. Der Anteil mit Korngrößen > 0.6 mm ist als Funktion der Tiefe dargestellt.

Abb. 6: Salz-Zusammensetzung des Bohrkerns WO aus der verlandeten Westlichen Ochsenbrunnlacke. Die Gehalte an den einzelnen Ionen in mmol/kg Trockensubstanz sind als Funktionen der Tiefe dargestellt.

Abb. 7: a) Hydrogencarbonatgehalte, b) Chloridgehalte der Sedimentbohrkerne aus der Ochsenbrunnlacke und der Westlichen Ochsenbrunnlacke als Funktionen der Tiefe in mg/kg Trockensubstanz.

Abb. 8: Thermogravimetrische Massenverluste des bei 105°C getrockneten Sedimentbohrkerns O4 aus der Ochsenbrunnlacke. Dieser Bohrkern wurde unterWasser gezogen.

Abb. 9: Chloridgehalte des Porenwassers der Sedimentbohrkerne aus der Ochsenbrunnlacke und der Westlichen Ochsenbrunnlacke als Funktionen der Tiefe in mg/l.

Abb. 10: Salz-Zusammensetzung des Bohrkerns O2 aus dem zur Probennahmezeit trockengefallenen Randbereich der Ochsenbrunnlacke. Die Gehalte an den einzelnen Ionen in mmol/kg Trockensubstanz sind als Funktionen der Tiefe dargestellt.

Abb. 11 Wassergehalte der Sedimentbohrkerne aus der Legerilacke als Funktionen der Tiefe (in Massenprozent, bezogen auf das Naß-Sediment).

Abb. 12: a) Natriumgehalte, b) Sulfatgehalte des Porenwassers der Sedimentbohrkerne aus der Legerilacke als Funktionen der Tiefe in mg/l.

Abb. 13: a) und b): Salz-Zusammensetzung des Bohrkerns L2 aus der ehemaligen Legerilacke (Darstellungen in unterschiedlichen Maßstäben). Die Gehalte

©Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landesarchiv, download unter www.zobodat.at

an den einzelnen Ionen in mmol/kg Trockensubstanz als Funktionen der Tiefe.

Abstract:

The Seewinkel salt pans are unique but threatened habitats of a most specialized fauna and flora. It is felt that water management measures which lower the natural ground water levels in the early months of the year might be responsible for the decline of these small shallow lakes. But the interrelations between draining measures and salt losses are not sufficiently understood up to now. In the present work by means of sediment analyses, model experiments and botanical observations these interrelations are studied in detail. It is shown that the restoration of the natural hydrological dynamics would be of fundamental importance for the long-termed preservation of the Seewinkel pans.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Burgenländische Heimatblätter

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: 62_1-2

Autor(en)/Author(s): Krachler Rudolf, Krachler Regina, Milleret Evelin, Wesner Wolfgang

Artikel/Article: Limnochemische Untersuchungen zur aktuellen Situation der Salzlacken im burgenländischen Seewinkel 3-49