

# Wie gelangte das Salz in die Salzlacken? – Zum Stand der Forschung über die Entstehung des „Salzführenden Horizontes“ und der Salzböden des Seewinkels

Hermann HÄUSLER

In einer Warmzeit des Riss/Würm-Interglazials wurden im Seewinkel durch Verdunstung Salze in limnisch-fluviatilen Sedimenten abgelagert, die als „Salzführender Horizont“ bezeichnet werden. Wo in dem aderförmig verzweigten Paläo-Gewässernetz feinkörnige Sedimente abgelagert wurden, konnten sich durch Ionenaustauschprozesse grundwasserbeeinflusste Sodaböden entwickeln – die heutigen Solontschake und Solonetze. Die grobkörnigen Ablagerungen von Paläoflüssen werden heute durch Schottergruben aufgeschlossen, die sich in der Nachbarschaft der Salzlacken befinden. Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers in den quartären Ablagerungen des Seewinkels variiert aufgrund ihrer Korngrößenunterschiede sehr. In den Sanden und Schottern des zentralen und östlichen Seewinkels ist die Verweilzeit des Grundwassers nur wenige Jahre bis Jahrzehnte. In lokalen Grundwasserkörpern des westlichen Seewinkels, wo die feinkörnigen, limnisch-fluviatilen Ablagerungen überwiegen, beträgt die Verweilzeit mehrere Jahrtausende, und isolierte Grundwasservorkommen erreichen Ionengehalte in Meerwasserkonzentration.

**HÄUSLER H., 2020: How did the salt get into the saline ponds? – On the state of research on the formation of the “salt-bearing horizon” and the alkaline soils of the Seewinkel (Northern Burgenland, Austria).**

During the warm period of the Eemian-Interglacial, salt accumulated in fine-grained sediments of the Seewinkel. The so-called saline soil horizon developed by ion-exchange processes and formed sodic soils in the saline ponds and their surroundings. Here, coarse-grained deposits of paleo-rivers are exposed in form of sand and gravel pits. The residence time of groundwater in the Quaternary aquifer of the Seewinkel depends on its grain size distribution. In sand- and gravel beds of the central and eastern Seewinkel the residence time varies between several years and decades. In the western Seewinkel, where silt and clay prevail, the residence time reaches several thousands of years, and the ion concentration of isolated groundwater bodies reaches values of marine water. Considering the spatial distribution of clay, silt, sand and gravel of the Seewinkel represents deposits of anastomosing paleo-rivers and causes a puzzle of local groundwater bodies with differing residence times, alkalinity and ion concentration.

**Keywords:** Seewinkel, fluvial-limnic deposits, Eemian Interglacial, porous aquifers, alkaline soils, sodic soils, ion-exchange processes.

## Einleitung

Die Vorkommen von Halophyten im Seewinkel sind an die Verbreitung von Salzböden gebunden. Auf der Basis ihrer Kartierung außerhalb der Salzlacken wurde ein so genannter „Salzführender Horizont“ als bodenkundlicher Leithorizont erkannt und von FRANZ et al. (1937) als Ursache für die Versalzung der Soda-haltigen Böden interpretiert. Diesen in zahlreichen Musterprofilen in 35 bis 70 cm Tiefe angetroffenen Horizont beschrieben FRANZ & HUSZ (1961, S. 61) folgendermaßen: „Er ist ein lössähnliches, schluffreiches, reichlich Kalk enthaltendes Substrat, das in wechselnder Menge gut gerundete, oft intensiv gefärbte Quarzschotter enthält“. Sie interpretierten ihn genetisch als Ablagerung in einem sehr flachen interglazialen See, in den lössähnliches Feinmaterial eingeweht und/oder zusammen mit gerundetem Schotter eingeschwemmt wurde. Die Entstehung des „Salzführenden Horizontes“ (in der Folge auch als SAHO bezeichnet) wurde trotz seiner

Relevanz für den Salzhaushalt des Seewinkels nicht weiter untersucht und die Salzböden und höher mineralisierten Grundwässer wurden auf die Zufuhr salzhaltiger Tiefengrundwässer entlang von (geophysikalisch belegten) Störungen zurückgeführt. Zu Recht betonte aber bereits TAUBER (1963, 1965), dass eine direkte Herkunft der Sodasalze nicht aus tiefer liegenden, marinen Ablagerungen des Unteren Miozäns (Jungtertiär) abgeleitet werden konnte (Tab. 1), da deren Porengrundwässer üblicherweise Natriumchlorid und nicht Soda enthalten. Konsequenterweise postulierte er eine Hypothese horizontal und vertikal migrierender, aufsteigender, hydrochemisch unterschiedlicher Grundwasserfronten, die er als „Aszendenzhypothese“ bezeichnete und so die unterschiedliche Anreicherung von Salzen in den Poren-Grundwasserleitern pannoner und quartärer Ablagerungen begründete. In der letzten Dekade wurden am Department für Umweltgeowissenschaften der Universität Wien unter der Leitung des Autors zahlreiche Aspekte der Hydrogeologie des Neusiedlersee-Gebietes und der quartären Ablagerungen des Seewinkels untersucht, deren Ergebnisse in diesem Beitrag kurz präsentiert werden.

Tab. 1: Lithologie, Fazies und Alter der Ablagerungen des Eisenstädter Beckens im Jungtertiär (Neogen) und im Bereich des Neusiedler Sees im Quartär (Pleistozän) (verändert nach HÄUSLER et al. 2014; Obergrenze Pliozän nach PILLER et al. 2004 und \* nach DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION, 2012). – Tab. 1: Lithology, sedimentary facies and age of deposits in the Neogene Eisenstadt Basin overlain by Pleistocene deposits in the Lake Neusiedl area (modified after HÄUSLER et al. 2014; Top of Pliocene after PILLER et al. 2004 and \* after DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION, 2012).

Obergrenze (Ma)	Serie/Epoche	Stufe/Alter		Lithologie der Formationen	Fazies (Ablagerungsmilieu) & tektonische Prozesse
0,01	Pleistozän	Jungpleistozän		Kies, Sand, Schluff, Ton	Fluviatil-limnische Ablagerungen im Seewinkel
0,12		Mittelpleistozän		Salzführender Horizont des Riss-Würm-Interglazial	Fluviatil-limnische Ablagerungen (auf der Parndorfer Platte tektonisch gehoben)
		Altpleistozän		Kies, Sand, Schluff, Ton Kies, Sand, Schluff, Ton	
1,81 (* 2,6)	Pliozän			(Ablagerungen fehlen)	(Terrestrisch)
7,8	Oberes Miozän	Pannonium	O.	Schluff, Ton mit Kies- und Lignitlagen	Fluviatil-limnisch (Kohlesümpfe) (Kaspi)-Brackisch
10,0			M.	Sand, Mergel, Ton	
10,5			U.	Kies, Sand, Mergel, Ton	
11,6	Unteres Miozän	Sarmatium	O.	Kies, Sand	Marin
12,2			M.	Detritischer Leithakalk; Kies, Sand (Mergel)	
			U.	Detritischer Leithakalk	
12,7		Badenium	O.	(Ablagerungen fehlen)	Regression (tektonische Hebungen)
13,6			M.	Leithakalk; Kies, Sand, Mergel	
16,1			U.	Marine Ingression	
16,3			Karpatium		Rust-Formation (Kies, Sand)

Im Folgenden wird zuerst der „Salzführende Horizont“ näher charakterisiert, bevor auf die Herkunft der Salze und auf die Bedeutung unterschiedlich alter Grundwässer im Seewinkel eingegangen wird. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Ableitung eines neuen Modells für die Lackenentstehung, auf dessen Grundlage ein künftig nachhaltigeres Lacken-Management ermöglicht werden soll.

## Was versteht man unter dem „Salzführenden Horizont“?

Angesichts der obigen Beschreibung des SAHO und der genetischen Interpretation als „Schwemmlöss“ scheint diese Frage vielleicht seltsam. Als bodenkundlicher Leithorizont wurde der SAHO jedoch nur in einzelnen Musterprofilen der Bodenformen Solonetz und Solontschak nachgewiesen (z. B. mit über 1700 mg wasserlöslichen Salzen je 100 g Boden in der Bodenform B26, NELHIEBEL 1986; vgl. Bodenformen 1S, 1SS und 1SA in SOLAR 1981). Aufgrund von zahlreichen Profilaufnahmen publizierter und unpublizierter Flachbohrungen handelt es sich jedoch nicht um einen etwa einen 0,5 bis 1 Meter mächtigen, flächenhaft verbreiteten und einheitlich aufgebauten „Salinarhorizont“ sondern eher um ein mosaikförmiges Puzzle von salzführendem Lehm und sandigem Lehm mit geringem bis hohem Grobkornanteil, also eine Mischung von Lockergesteinen wie Ton, Schluff, Sand und Kies/Schotter. In der Bodenkunde wird der Grobanteil eines Bodens an abgerundeten mineralischen Gemengteilen, deren Durchmesser 2 bis 20 mm beträgt, als Kies und deren Durchmesser 20 bis 100 mm beträgt als Schotter bezeichnet. Bei sedimentologischen Korngrößenanalysen von Lockergesteinen wird die Siebfraktion von 2–60 mm als Kies bezeichnet. Die im SAHO angetroffenen Quarzitkomponenten erreichen üblicherweise einen Durchmesser von 2 bis 20 mm und werden daher als Fein- bis Mittelkies bezeichnet. Die sedimentologischen Untersuchungen des SAHO lassen bis in eine Tiefe von zwei Metern eine vertikal und lateral stark wechselnde Korngrößenzusammensetzung erkennen (DOBER & GRITZMANN 2014, WEISS 2015). Dominieren westlich des Seedammes blaue Tone und Schluffe, so treten im Bereich der angrenzenden Lacken Wechsellagerungen von grünlichen Tonen, Schluffen und Sanden mit Kiesen und mit unterschiedlichen Salzgehalten auf. Wie eingangs erwähnt, lassen sich die Profile des SAHO prinzipiell als fluviatil-limnische Ablagerungen interpretieren.

## Woher stammt das Salz des „Salzführenden Horizontes“?

Wie im Folgekapitel erläutert, gibt es im Seewinkel keine Hinweise, dass entlang von Störungen Thermalwässer natürlich austreten. Könnte das – rein hypothetisch – aber dann nicht etwa im letzten Interglazial zur Bildung des SAHO geführt haben? Kaum beachtet sind die Untersuchungen zur Alkalibodenbildung von Emil SCHERF, der auch im Seewinkel gemeinsam mit Herbert FRANZ und Karl HÖFLER Lackenprofile bearbeitet hat (FRANZ et al. 1937). Nach dessen Theorie der Alkalibodenbildung in Ungarn bildete sich ein salzführender Horizont in Gerinnen eines blauen, tonig-sandigen Leithorizontes des Riß/Würm-Interglazials, in denen Natriumsalze akkumuliert wurden. Erst durch die Überlagerung mit eingewehtem kalkhaltigem Löss bzw. durch Lösslehme entstand die spätere Voraussetzung für eine „Sodafabrik“, den Kapillarhub des natriumversalzten Grundwassers bis zur kalkführenden Lösslehmschicht, was zur Entstehung salzreicher Böden führte (SCHERF 1935). Analog dazu könnten vergleichbare Prozesse auch im Seewinkel stattgefunden haben. So könnte es in der, klimatisch sehr warmen Periode des Riss/Würm-Interglazials (DÖPPES & RABEDER 1997) in einem limisch-fluviatilen Milieu des Seewinkels durch Verdunstung der in das Neusiedlersee-Gebiet entwässernden Gerinne zu einer Anreicherung von Natriumsalzen gekommen sein, so daß die anschließende Überlagerung mit Löss und Schwemmlöss – vergleichsweise wie in Ungarn – ebenfalls zu einer „Sodafabrik“ in den Solontschaken und Solonetzen (Szikböden nach NESTROY et al. 2011, S. 85ff.) und in den heutigen Lackenböden des Seewinkels geführt hat.

## Treten salzhaltige Wässer im Seewinkel entlang von Störungen auf?

Befürworter der Aszendenzhypothese verweisen gerne auf die in geologischen Karten eingetragenen Störungen im Neusiedler See und im Seewinkel. Wo also im Zuge der Kohlenwasserstoffexploration mit geophysikalischen Methoden Störungen nachgewiesen worden sind, dort könnten/müssten doch auch Salzwässer ausfließen, die aus tiefen Mineral-/Thermalwasserhorizonten stammen. Letztlich wurde ja auch in der hydrogeologischen Übersichtskarte von GATTINGER (1975, 1979) das Austreten von Thermalwässern entlang einer Störung im Neusiedler See angedeutet. Der geologische Begriff Störung (mit einem vertikalen oder horizontalen Versatz geologischer Formationen) ist nicht gleichzusetzen mit einem kluftgebundenen Grundwasserleiter, in dem, entsprechend den hydraulischen Druckverhältnissen, auch wirklich Grundwasser fließen kann. Während der letzten großen Trockenperiode in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, in welcher der Neusiedler See ganz ausgetrocknet war und sogar die Eignung des Seebodens für den Ackerbau untersucht wurde (MOSER 1866), wurde jedoch von keiner einzigen Stelle des ehemaligen Seebodens über die Existenz einer „Salzwasserquelle“ berichtet (SZONTAGH 1904, HÄUSLER 2010). Die neueren Untersuchungen im Neusiedlersee-Gebiet haben ferner ergeben, dass es sich bei den im Winter bekannten, eisfreien und so genannten „Kochbrunnen“ nicht um ausfließendes Thermalwasser sondern um Methanentgasungen handelt und es konnten an diesen Stellen auch keine Temperaturanomalien im Seewasser gemessen werden, die auf Thermalwasserzuflüsse im See hinweisen (RANK et al. 1986, HÄUSLER 2005, TANZBERGER 2005, HÄUSLER et al. 2007b). Wegen der unterschiedlichen Mineralisierung der oberflächennahen und in Bohrungen angetroffenen Grundwässer – etwa in Purbach in 5 m Tiefe bis je  $3000 \text{ mg L}^{-1}$  (mg pro Liter) Chlorid und Natrium und in der Bohrung Mörbisch I in 70 m Tiefe bis je  $6000 \text{ mg L}^{-1}$  Chlorid und Natrium (vgl. CARLÉ 1975, ZÖTL & GOLDBRUNNER 1993, SCHUBERT 2015, ELSTER et al. 2016) – wurde die TAUBERsche Aszendenzhypothese von WURM (2000) wieder aufgegriffen. Michaela WURM vertritt die Meinung, dass aufgrund theoretisch möglicher Ionenaustauschprozesse NaCl-führende Tiefengrundwässer in  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -haltige Wässer übergeführt wurden, die dann entlang von Störungen bis zur Geländeoberfläche gelangt sind. Aufgrund einer Arbeit über die Geochemie der Halogene in Wässern des Neusiedlersees und anderer mineralisierter Wässer der Umgebung schloss aber bereits SCHROLL (1965) aus, dass eine Mineralisierung des Neusiedler Sees sowie der untersuchten Grundwässer auf ascendente Porengrundwässer mariner Zusammensetzung zurückgeführt werden kann. Auch eine Untersuchung von Strontium-Isotopen in Verbindung mit den stabilen Isotopen des Sauerstoffs und Wasserstoffs ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) belegt, daß zwar eiszeitliches Niederschlagswasser aus dem Einzugsgebiet des Neusiedlersee-Beckens bis in Tiefen von mindestens 1000 m gelangt ist, dass aber im Eisenstädter Tertiärbecken keine marinen Tiefengrundwässer bis zur Geländeoberfläche aufgestiegen sind (HÄUSLER et al. 2014, HÄUSLER et al. 2015, MYKHAYLYUK 2016, TCHAIKOVSKY et al. 2019). Gelegentlich wird auch noch die Vorstellung vertreten, dass Salzwässer durch die bis 1000 m kumulierte Sedimentlast im Eisenstädter Tertiärbecken ausgepreßt worden sein sollen. Diese Hypothese ist allein schon im Vergleich mit dem lokal bis 5000 Meter tief abgesenkten Wiener Becken hinfällig, wo keinerlei saline Wässer „ausgepreßt“ wurden und dadurch Salzböden entstanden sind. Wofür sich nun nach Auffassung des Autors innerhalb des zentralen Eisenstädter Beckens keine Belege finden, das trifft jedoch sehr wohl für Karst-Grundwasserleiter (und Kluft-Grundwasserleiter) am nördlichen Grundgebirgs-

rand des Leithagebirges zu, wo seit Langem die Thermalwasseraustritte von Deutschprodersdorf und Mannersdorf bekannt sind (HÄUSLER 2010, 2019, ELSTER et al. 2016). Auch die relative hohe Grundwassertemperatur der Windener Quellen am Südostrand des Leithagebirges kann auf eine Mischwasserkomponente aus größerer Tiefe zurückgeföhrt werden (KRALIK et al. 2019).

## **Existiert in den quartären Donau-Ablagerungen des Seewinkels ein einheitlicher Grundwasserhorizont?**

Die Autoren einer Anfangs der 1990er-Jahre mittels Isotopenuntersuchungen im Seewinkel durchgeföhrt Grundwasserstudie (BOROVICZÉNY et al. 1992) gelangten zu zwei bemerkenswerten Schlußfolgerungen. Erstens, die Wasserbilanz des Neusiedler Sees ist nahezu ausschließlich vom Niederschlag und den wenigen oberirdisch zufließenden Gewässern – und nicht von Grundwasserzuflüssen – abhängig, was heute allgemein bekannt ist. Zweitens, die an ca. 100 Brunnen des Seewinkels ermittelten Grundwasserstände unter Geländeoberfläche ergeben einen Grundwasserschichtenplan, der etwa parallel zu den Isohypsen gleicher Geländehöhe des Seewinkels verläuft. Bei Annahme eines einheitlichen und zusammenhängenden obersten Grundwasserspiegels entsteht dadurch der Eindruck, dass das Grundwasser im obersten Grundwasserhorizont aus dem Raum Frauenkirchen sowohl nach Westen in Richtung Neusiedler See als auch nach Süden bzw. Südosten fließt (KRACHLER et al. 2012, Abb. E/6). Das Ergebnis der Tritium- und <sup>14</sup>C-Messungen von BOROVICZÉNY et al. (1992, Abb. 4.16) zeigt ein Puzzle unterschiedlicher Verweilzeiten des Grundwassers im obersten Grundwasserleiter (Aquifer), was auch in der neueren Literatur noch kaum berücksichtigt wird. Der Grund für die unterschiedlichen Verweilzeiten des Grundwassers liegt in der lithologischen Inhomogenität der maximal 5 bis 25 m mächtigen (limnisch-) fluviatilen Ablagerungen des Seewinkels, bei denen es sich ja keineswegs nur um Schotter sondern auch um Tone, Schluffe und Sande handelt. Entsprechend der Fließgeschwindigkeit und somit Transportkapazität der quartären Fließgewässer sind diese Ablagerungen, die den ersten (obersten) Aquifer des Seewinkels bilden – östlich des Neusiedler Sees überwiegend schluffig-tonig aber auch sandig und im Zentrum und Südosten des Seewinkels überwiegend sandig-kiesig ausgebildet. Dieser Wechsel der Korngrößenverhältnisse im Seewinkel bedingt nun auch die Verweildauer des Grundwassers in den Poren-Aquiferen, sodass sich ein kleinräumiges Puzzle von lokalen Grundwasserkörpern mit unterschiedlichen Verweilzeiten und somit Wasseraltern, von wenigen Jahren, über Jahrzehnte bis zu Jahrtausenden und Jahrzehntausenden, gebildet hat. Vor allem im östlichen und südöstlichen Uferbereich des Neusiedler Sees, wo die Salzlacken von sehr feinkörnigen Schichten unterlagert werden, treten durch <sup>14</sup>C-Analysen bestimmte Grundwasseralter von bis über 32.000 Jahren auf. Diese Altersangaben geben jedoch kein exaktes Wasseralter an, sondern repräsentieren ein Mischalter, das theoretisch durchaus auch ältere bzw. sehr alte aber auch jüngere Wasserkomponenten enthalten kann.

Eine Verteilung der Korngrößen der quartären, fluviatil-limnischen Ablagerungen in den Lackenbereichen kann wegen der überlagernden Bodenbildung nur indirekt, durch geometrisch hochauflösende geophysikalische Methoden, wie etwa die geoelektrische Widerstandsmessung (Widerstandstomographie) beurteilt werden. Solche Untersuchungen sind z. B. im Bereich der Langen Lacke (BELOCKY et al. 1998) und im Bereich des St. Andräer Zicksees (HÄUSLER et al. 2006, HÄUSLER et al. 2007a) erfolgt. Im Vergleich mit Bohrpro-

flen konnte in den geoelektrischen Meßprofilen ein Zusammenhang zwischen der geoelektrischen Leitfähigkeit und somit der Verteilung feiner und grober Sedimente im Lackenuntergrund abgeleitet werden. Diese Ergebnisse ermöglichten eine Modellierung der unterschiedlichen Grundwasserströmungs-Verhältnisse bei verschiedenen Wasserständen (vgl. auch Modelle des Lackenwasserhaushaltes von STEINER 2006).

Eine rasche und sehr aufschlußreiche Unterscheidung von Grundwässern im Gelände bietet neben dem pH-Wert vor allem die Messung der elektrischen Leitfähigkeit. So treten in sehr lokalen Grundwasserkörpern im Bereich der Salzlacken nordwestlich von Illmitz pH-Werte von über 9 und Werte der elektrischen Leitfähigkeit von 40 bis 66 mS cm<sup>-1</sup> (Millisieemens pro cm) auf. Diese Maximalwerte der elektrischen Leitfähigkeit entsprechen bereits einer Meerwasserkonzentration. Die Verteilung der  $\delta^2\text{H}$ - und  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte läßt auf unterschiedlich starke Verdunstungseffekte von Niederschlagswässern schließen. Es handelt sich somit bei den in ihrer elektrischen Leitfähigkeit sehr stark variierenden Grundwasservorkommen nicht um (hochgepreßte) Tiefengrundwässer aus marinen Ablagerungen, sondern um Verdunstungserscheinungen sowie eine Aufsalzung isolierter Grundwasserkörper durch den Salzführenden Horizont. Wie die hohen <sup>14</sup>C-Werte in oberflächennahen Grundwässern am Ostufer des Neusiedler Sees, so zeigen auch die hohen Salzkonzentrationen in den Lackenbereichen nordwestlich von Illmitz, dass diese lokalen Grundwasserkörper nicht mit dem obersten regionalen Grundwasserkörper des Seewinkels in Verbindung stehen bzw. von diesem durchflossen werden.

Die regionale Verteilung von Schottergruben im zentralen und östlichen Seewinkel repräsentiert somit im Wesentlichen die fluviatilen Ablagerungen der Paläo-Donau, in denen Quarzitgerölle dominieren. Die im westlichen Seewinkel zwischen den Schottergruben befindlichen Salzlacken repräsentieren limnisch-fluviatile, also tonig-schluffige und feinsandig-kiesige Ablagerungen, die möglicherweise von Zuflüssen aus westlichen Einzugsgebieten, wie der Paläo-Wulka, der Paläo-Ikva sowie einer Paläo-Raab oder Paläo-Rabnitz stammen, wie im folgenden Kapitel erläutert wird.

## **Wie kann man sich heute die Entstehung der Salzlacken vorstellen?**

Bei dem von Pedologen in den Solontschak- und Solonetz-Profilen beschriebenen „Schwemmlöß mit Quarzitgeröllen“ handelt es sich überwiegend um kiesig-schluffige, kiesig-sandige sowie sandig-schluffig-tonige Lockergesteine und somit um fluviatil-limnische Ablagerungen, bei deren Bildung Löss und Schwemmlöss durchaus beteiligt gewesen sein können.

Ferner beschrieb FRANZ (1960) den Solontschak auch als „Weißen Salzboden“ und humusarmen alkalischen bis extrem alkalischen Grundwasserboden bzw. salzhaltigen Gley. Während somit die Entstehung der Salzböden als Grundwasser-beeinflußte Böden nie in Frage gestellt wurde, sind für die Entstehung der dazwischen liegenden Salzlacken, deren Böden ja nie bodenkundlich aufgenommen worden sind, zahlreiche Hypothesen entwickelt worden, die zuletzt bei HÄUSLER (2007), KRACHLER et al. (2000) und TRIEBL & WEGLEITNER (2016) Erwähnung fanden. Da die Pingo-Hypothese von RIEDL (1965) bis heute ihre Anhänger findet, wird sie hier kurz diskutiert. Für die rundlichen Formen der heutigen (und ursprünglich größeren) Salzlacken des zentralen Seewinkels er-

folgte nach dieser Hypothese ein Vergleich mit kollabierten Eislinen (Pingos) der heutigen Tundra, wogegen vier Argumente anzuföhren sind. Erstens hat RIEDL (1965) nicht beschrieben, welche Lacken er im Seewinkel als Reste derartiger Pingos bezeichnet, da er z. B. die Salzlacken östlich des Seedammes als Reste lagunenartiger Seen interpretierte, die ohne Einfluß von Permafrost gebildet worden sein sollten. Zweitens wurden von ihm mit Ausnahme einiger weniger Skizzen von eiskeilartigen Strukturen in Kiesgruben keine typischen Permafrost-Strukturen in den Lackenbereichen beschrieben, wie sie von kollabierten Pingo-Strukturen bekannt sind. Es ist drittens fragwürdig, warum Pingos als Permafrost-Strukturen ausschließlich im Seewinkel entstanden sein sollten, jedoch weder in anderen ehemaligen Permafrost-Bereichen Österreichs noch in der benachbarten Kleinen Ungarischen Tiefebene. Und es ist viertens sehr seltsam, dass in den früher rund 100 Kiesgruben des Seewinkels nirgends Reststrukturen benachbarter kollabierter Pingos dokumentiert wurden. Mit Ausnahme der sicherlich der Geometrie der Seewinkellacken ähnlichen Satellitenbild-Aufnahmen von Pingos der Tundra gibt es somit heute keinen Grund mehr, die Salzlacken des zentralen Seewinkels als kollabierte Pingos zu interpretieren.



Abb. 1: Die sandig-kiesige Oberfläche einer ausgetrockneten Salzlacke im Nationalpark Neusiedlersee – Seewinkel (Illmitz-Hölle), repräsentiert die Sedimentzusammensetzung des unterlagernden Boden-Profiles, das sich bis zwei Meter Tiefe aus grau-grünlichen Sanden und Sanden mit kleinen gerundeten Quarzitgeröllen zusammensetzt, die in einem fluviatilen environment abgelagert wurden. – Fig. 1: The sandy to fine-gravelly surface of a salt pan in the National Park Lake Neusiedl – Seewinkel (Illmitz-Hölle) mirrors the grain size composition of the underlying soil-profile that down to a depth of two metres consists of greyish to green sand and sand containing small well rounded quartzite pebbles that were deposited in a fluvial environment.

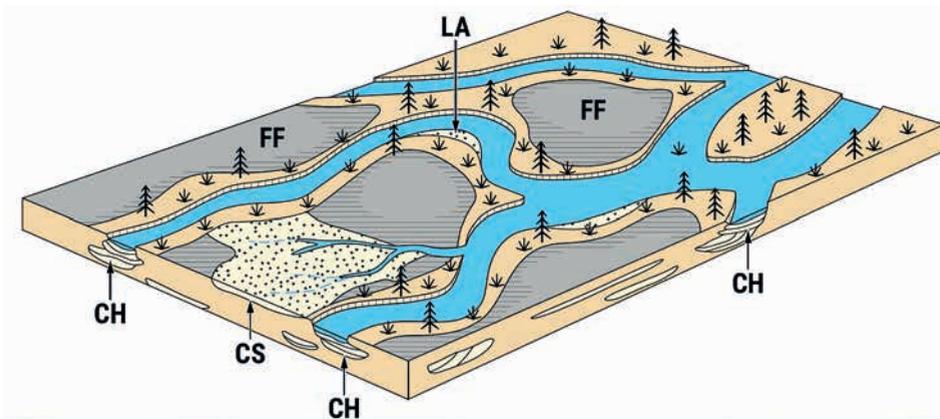


Abb. 2: Oben: Satellitenbild-Aufnahme des aderförmig verzweigten (anastomosierenden) Mackenzie River im Norden Kanadas (Google Earth). Unten: Ablagerungsmodell eines anastomosierenden Flusses, verändert nach MIALL (1996). Abkürzungen: LA = lateral-accretion deposits (Gleithang-Ablagerungen), CH = channel (kanalisiertes Gerinne), FF = flood plain fines (feinkörnige Ablagerungen auf Überschwemmungsflächen), CS = crevasse splay deposits (fächerartige Ablagerungen hinter einem durchbrochenem Uferdamm). – Fig. 2: Above: Satellite image of the vein-shaped (anastomosing) Mackenzie River in Northern Canada with multiple interconnected channels that enclose flood basins (Google Earth). Below: Sedimentation model of an anastomosing river system, modified after MIALL (1966) (for abbreviations see above).

Unsere Geländeuntersuchungen mit 32 Flachbohrungen und die Laborbestimmung von 64 Korngrößenanalysen aus unterschiedlichen Lagen von 12 Bohrprofilen belegen hingegen eindeutig die schichtgebundene, limnisch-fluviatile Entstehung des unmittelbaren Untergrundes der Seewinkel-Lacken (Abb. 1; DOBER & GRITZMANN 2014, WEISS 2015). Vergleicht man die Vielfalt sedimentologischer Modelle mit der oben beschriebenen vertikalen und lateralen Verbreitung feinkörniger und grobkörniger Ablagerungen in den Lackenbereichen und angrenzenden Kiesgruben so bietet sich das Modell blattaderförmig verzweigter Gerinne an, das von MIALL (1996) als anastomosierendes Fluß-System bezeichnet wurde (Abb. 2, oben). Während in Kanälen (CH) noch genug Schleppekraft für

den Transport und die Ablagerung von Kiesen und Sanden (der heutigen Schottergruben) des Seewinkel bestand, wurden auf benachbarten Überflutungsflächen Schluffe und Tone (FF) sowie Sandfächer (CS) abgelagert, wie sie unter den Salzlacken nachgewiesen werden konnten (Abb. 2, unten). Diese Prozesse können im Seewinkel seit dem Riss/Würm-Interglazial angenommen und für das Spätwürm (-34.000 bis 10.000 Jahre, DÖPPES & RABEDER 1997) durch <sup>14</sup>C-Datierungen von Hölzern aus Schottergruben und von Pflanzenresten aus zahlreichen Flachbohrungen in Salzlacken belegt werden.

### **Was kann aus diesen Ergebnissen für eine nachhaltige Lackenbewirtschaftung abgeleitet werden?**

Unter Berücksichtigung der neueren tektonischen, sedimentologischen, hydrogeologischen und isopenhydrologischen Untersuchungen im Neusiedlersee-Gebiet ist sowohl die Entstehung der Salzlacken als auch der diese umgebenden Salzböden des Seewinkels – ganz im Sinne von FRANZ & HUSZ (1961) – auf fluviatil-limnische Prozesse während des Jungquartärs zurückzuführen. Wo der salzführende Horizont von einer nachfolgenden fluviatilen Erosion verschont geblieben sind, dort bildeten sich die heutigen Alkaliböden und Salzlacken. Diese Schlussfolgerungen stehen im Gegensatz zur Hypothese von KRACHLER et al. (2012, S. 14), nach deren Auffassung die ganzjährig wasserführenden Lacken über einer Sperrschicht entstanden sein sollen, die durch Auskristallisation von feinsten Kalk- und Tonpartikeln aus dem einströmenden Grundwasser gebildet wurde. Dabei wird diese Sperrschicht mit einem Lackenstauhorizont und explizit mit dem Salzführenden Horizont gleichgesetzt. Unter dieser Annahme, dass sich aus Trübeartikeln des fließenden Grundwassers in Sand- und Schotterlagen lokal jeweils ein abdichtender (also sekundärer) salzführender Stauhorizont bildet, soll es bei niedrigem Grundwasserstand zu einem Auswaschen der Lackensalze durch den Niederschlag kommen. Als Maßnahme gegen eine weitere Verlandung der Salzlacken wurde von KIRSCHNER et al. (2007) eine wiederholte, flächenhafte Aufbringung einer Mischung aus Soda und Glaubersalz empfohlen. Wie oben angeführt, entbehrt diese Maßnahme zwar jeder Kenntnis der Entstehung und Funktionsweise des bekannten Salzführenden Horizontes, wurde aber im Seewinkel nur wegen des „ökologischen Fußabdruckes“ nicht weiter verfolgt.

Ist hingegen der bodenkundlich gut untersuchte „Salzführende Horizont“ eine primäre Ablagerung einer interglazialen Warmzeit, wie in diesem Beitrag wieder in Erinnerung gerufen wird, so bieten geeignete Beweidungsmaßnahmen eher einen nachhaltigen Lösungsansatz um einer Verlandung der Lackenränder entgegenwirken (vgl. WOLFRAM et al. 2014, S. 120). Diese Ausführungen sollten somit aufzeigen, dass ein künftiges Lacken-Management ohne Berücksichtigung der Lackenentstehung nicht erfolversprechend sein kann.

### **Dank**

Für die Genehmigung der Geländearbeiten und Unterstützung im Jahr 2014 danke ich dem Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 5, HR III, Naturschutz und Landschaftspflege, der Abteilung 5/Anlagenrecht, Umweltschutz und Verkehr und der Abteilung 9/Wasser- und Abfallwirtschaft. Für ihre Unterstützung danke ich ferner Kurt KIRCHBERGER, dem damaligen Direktor des Nationalparks, und Herrn Alois LANG, dem Leiter des Informationszentrums Neusiedlersee-Seewinkel.

## Literatur

- BELOCKY R., HÜBL G., PAPESCH W., RANK D. & RÖMER A., 1998: Zur Hydrologie und Hydrogeologie des Gebietes Lange Lacke – Wörtenlacken unter besonderer Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Lacken- und Grundwasser. Unveröff. Bericht, 70 S., Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal/Geologische Bundesanstalt, Wien.
- BOROVICZÉNYI F., DEÁK J., LIEBE P., MAHLER H., NEPPEL F., PAPESCH W., PINCZÉS J., RAJNER V., RANK D., REITINGER J., SCHMALFUSS R. & TAKÁTS T., 1992: Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geophysik und Geochemie 1980 – 1990. Forschungsbericht 16, 214 S., Institut für Hydraulik, Gewässerkunde & Wasserwirtschaft der Technischen Universität Wien, Wien.
- CARLÉ W., 1975: Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Genese. 643 S., Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION, (Hg.), Koordination und Gestaltung: MENNING M. & HENDRICH A., 2012: Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2012 (STDK 2012), Geoforschungszentrum, Potsdam.
- DOBER G. & GRITZMANN R., 2014: Hydrogeologische, sedimentologische und tonmineralogische Untersuchungen im Gebiet des Neusiedler Sees. Masterarbeit, 246 S., Universität Wien, Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie, Department für Umweltgeowissenschaften, Wien.
- DÖPPES D. & RABEDER G. (Hg.), 1997: Pliozäne und pleistozäne Faunen Österreichs. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung 10, 411 S., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- ELSTER D., GOLDBRUNNER J., WESSELY G., NIEDERBACHER P., SCHUBERT G., BERKA R., PHILIPPITSCH R. & HÖRHAN T., 2016: Erläuterungen zur geologischen Themenkarte Thermalwässer in Österreich 1:500.000. 296 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- FRANZ H., 1960: Feldbodenkunde. 583 S., Georg Fromme & Co, Wien.
- FRANZ H., HÖFLER K. & SCHERF E., 1937: Zur Biosoziologie des Salzlachengebietes am Ostufer des Neusiedlersees. Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien LXXXVI/LXXXVII, Band (Jahrgang 1936/37), 297–364, Wien.
- FRANZ H. & HUSZ G., 1961: Die Salzböden und das Alter der Salzsteppe im Seewinkel. In FRANZ H. & HUSZ G.: Das Neusiedlerseebecken (Exkursion C). Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 6, 67–75, Wien.
- GATTINGER T., 1975: Das hydrogeologische Einzugsgebiet des Neusiedlersees. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1975, 331–346, Wien.
- GATTINGER T., 1979: The hydrology of Neusiedlersee and its catchment area. In LÖFFLER H. (ed.): Neusiedlersee: the limnology of a shallow lake in Central Europe. Monographiae Biologicae 37, 21–32, Dr. W. Junk bv publishers, The Hague.
- HÄUSLER H., 2005: Feuer und Eis. Von Kochbrunnen, Eisspinnen und Gasmäusen auf dem Neusiedler See. Geschnatter (Nationalparkzeitung Neusiedlersee-Seewinkel) 50/4, 1–2, Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel, Illmitz.
- HÄUSLER H., 2007: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Erläuterungen zu den Blättern 79 Neusiedl am See, 80 Ungarisch-Altenburg und 109 Pamhagen. 88 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- HÄUSLER H., 2010: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Erläuterungen zur Geologischen Karte 78 Rust. 191 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- HÄUSLER H., 2015: Wie kam das Salz ins Grundwasser? Geschnatter (Nationalparkzeitung Neusiedlersee-Seewinkel) 1/2015, Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel, Illmitz.

- HÄUSLER H., 2019: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Erläuterungen zur Geologischen Karte 77 Eisenstadt, 211 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- HÄUSLER H., MÜLLEGGER C., KÖRNER W., OTTNER F., PROHASKA T., IRRGEHER J., TCHAIKOVSKY A., DOBER G., GRITZMANN R. & MYKHAYLYUK I., 2014: A new hydrogeological model of charging shallow and deep aquifers in the Lake Neusiedl – Seewinkel region (Northern Burgenland, Austria). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, EGU2014–3296, EGU General Assembly, 2014, Vienna.
- HÄUSLER H., PAYER T. & SCHEIBZ J., 2006: Hydrogeologische Untersuchungen zur Klärung des permanenten Wasserverlustes des Zicksees trotz Dotierung mit Grundwasser. Projekt-Endbericht, 51 S., Department für Umweltgeowissenschaften, Universität Wien.
- HÄUSLER H., PAYER T., SCHEIBZ J., RANK D., PAPESCH W. & MARACEK K., 2007a: The Zicksee paradox revealed? Contradictory results of the water balance of a shallow lake in the Seewinkel region (Northern Burgenland, Austria). *European Geoscience Union, General Assembly 2007*, 15.04.-20.04.2007, Vienna.
- HÄUSLER H., PAYER T., TANZBERGER A., RANK D. & PAPESCH W., 2007b: Thermal upwelling at Lake Neusiedl revised (Northern Burgenland, Austria). *European Geoscience Union, General Assembly 2007*, 15.04.-20.04.2007, Vienna.
- HÄUSLER H., SCHEIBZ J., CHWATAL W. & KOHLBECK F., 2014: Coeval Lower Miocene subsidence of the Eisenstadt Basin and compression of its Austroalpine frame: Implications from high-resolution geophysics at the Oslip section (Northern Burgenland, Austria). *International Journal of Earth Sciences* 104 (2), 475–493, (doi 10.1007/s00531–014–1084–8).
- HÄUSLER H., TCHAIKOVSKY A., KRÁLIK M., MÜLLEGGER C., BICHLER A., IRRGEHER J., MYKHAYLYUK I. & PROHASKA T., 2015: The use of stable isotopes  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  for characterizing recharge areas of groundwater bodies in the northern Burgenland (Austria). 14<sup>th</sup> Austrian Stable Isotope Network Meeting, Tulln/Donau, November 26<sup>th</sup>-27<sup>th</sup> 2015, Program and Abstract-volume, p. 8, (Austrian Institute of Technology: Health & Environment Department; University of Natural Resources and Life Sciences: Department of Chemistry – VIRIS Laboratory, Tulln).
- KIRSCHNER A., KRACHLER R., KRACHLER R., KORNER I. (Hg.), 2007: Renaturierung ausgewählter Salzlacken des burgenländischen Seewinkels, Endbericht. LW621, Projekt im Rahmen des „Österreichischen Programms für die Entwicklung des Ländlichen Raumes – Sonstige Maßnahmen“ April 2004 – Juli 2007, 85 S., Naturschutz Burgenland, Eisenstadt.
- KRACHLER R., KORNER I., DVORAK M., MILAZOWSZKY N., RABITSCH W., WERBA F., ZULKA P. & KIRSCHNER A., 2012: Die Salzlacken des Seewinkels. Erhebung des ökologischen Zustandes sowie Entwicklung individueller Erhaltungskonzepte für die Salzlacken des Seewinkels (2008–2011). 291 S., Österreichischer Naturschutzbund, Eisenstadt.
- KRACHLER R., KRACHLER R., MILLERET E., & WESNER W., 2000: Limnochemische Untersuchungen zur aktuellen Situation im Burgenländischen Seewinkel. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland*, 2000 (1 u. 2), 3–49, Eisenstadt.
- KRALIK M., BIEBER G. & PAPP E., 2019: Multi-isotope-measurements ( $^{18}\text{O}/^{2}\text{H}$ ,  $^3\text{H}/^3\text{He}$ ,  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ ) confirm old ascending karst spring-water at the western border of the Pannonian Basin (Austria). *Geophysical Research Abstracts* 21, EGU2019–16984.
- MIALL A.D., 1996: The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. 582 p., Springer, Berlin.
- MOSER I., 1866: Der abgetrocknete Boden des Neusiedlersees. *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* 16, 338–344, Wien.
- MYKHAYLYUK I., 2016: Isotopenhydrologische Untersuchung von Grundwässern im Bereich des Neusiedler Sees (Nördliches Burgenland, Österreich). Masterarbeit, 79 S., Universität Wien, Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie, Department für Umweltgeowissenschaften, Wien.

- NELHIEBEL P., 1986: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000 Kartierungsbereich Neusiedl am See-Süd (KB 139). 227 S., Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, Wien.
- NESTROY O. (LEITER DER ARBEITSGRUPPE), AUST G., BLUM W.E.H., ENGLISCH M., HAGER H., HERZBERGER E., KILIAN W., NELHIEBEL P., ORTNER G., PECINA E., PEHAMBERGER A., SCHNEIDER W. & WAGNER J., 2011: Systematische Gliederung der Böden Österreichs – Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 79, 98 S., Wien.
- PILLER W.E., EGGER H., ERHART C.W., GROSS M., HARZHAUSER M., HUBMANN B., KRENMAYR H.-G., KRYSSTYN L., LEIN R., LUKENEDER A., MANDL G., RÖGL F., ROETZEL R., RUPP C., SCHNABEL W., SCHÖNLAUB H.P., SUMMESBERGER H., VAN HUSEN D., WAGREICH M. & WESSELY G., 2004: Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). 1 Taf., Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Wien.
- RANK D., PAPESCH W. & STAUDNER F., 1986: Zur Herkunft des Gases der Kochbrunnen im Neusiedlersee. BFB-Bericht 58, 93–94, Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, Illmitz.
- RIEDL H., 1965: Beiträge zur Morphogenese des Seewinkels. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 34, 5–28, Eisenstadt.
- SCHERF E., 1935: Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der Grossen Ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenentstehung. Jahresberichte der Königlich Ungarischen geologischen Anstalt über die Jahre 1925–1928, 274–301, Budapest.
- SCHROLL E., 1965: Zur Geochemie der Halogene in Wässern des Neusiedlerseegebietes und anderer mineralisierter Wässer des Burgenlandes (Ein Zwischenbericht). Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 30, 109–124, Eisenstadt.
- SCHUBERT G., 2015: Hydrogeologie der trinkbaren Tiefengrundwässer in Österreich. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 64 (Trinkbare Tiefengrundwässer), 11–69, Wien.
- SOLAR F., 1981: Bodenkarte Seewinkel. Wissenschaftliche Arbeiten Burgenland 63, S. 136, Eisenstadt.
- STEINER K.-H., 2006: Hydrologie und Lackenwasserhaushalt im Seewinkel. In OBERLEITNER I. & WOLFRAM G. (Redaktion/Projektleitung): Salzlebensräume in Österreich, 59–70, Umweltbundesamt, Wien.
- SZONTAGH T., 1904: Geologisches Studium des Fertő-Sees. Jahresberichte der Königlich Ungarischen Geologischen Anstalt für 1902, 206–211, Budapest.
- TANZBERGER A., 2005: Die „Kochbrunnen“ des Neusiedlersees. Ein kurzer Überblick über neue Untersuchungen. Unveröff. Bakkalaureats-Arbeit, 26 S., Universität Wien, Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie, Department für Umweltgeowissenschaften, Wien.
- TAUBER A.F., 1963: Neusiedlersee – Mineralwasser und Mineralwasserlagerstätte. Allgemeine Landestopographie des Burgenlandes II/2, 786–809, Eisenstadt.
- TAUBER A.F., 1965: Geologische Typologie und Genese der Mineralquellen und Mineralwässer im Neusiedlerseegebiet. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 34, 259–304, Eisenstadt.
- TCHAIKOVSKY A., HÄUSLER H., KRÁLIK M., ZITEK A., IRRGEHER J. & PROHASKA T., 2019: Analysis of  $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ ,  $\delta^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{SRM}987}$ , and elemental pattern to characterise groundwater and recharge of saline ponds in a clastic aquifer in East Austria. IEHS (Isotopes in Environmental and Health Studies), 1–20, doi.org/10.1080/10256016.2019.1577832.
- TRIEBL R. & WEGLEITNER A., 2016: Die Lacken des Burgenländischen Seewinkels. Burgenländische Heimatblätter 78 (3 u. 4), 180 S., Eisenstadt.
- WEISS K., 2015: Sedimentologische Untersuchungen der Seewinkel-Formation im Bereich der Salzlacken (Burgenland). Masterarbeit, 119 S., Universität Wien, Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie, Department für Umweltgeowissenschaften, Wien.

- WOLFRAM G., DÉRI L. & ZECH S. (Red.), 2014: Strategiestudie Neusiwedler See – Phase 1. Studie im Auftrag der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission. 244 S., Wien – Szombathely.
- WURM M., 2000: Hydrogeochemische Methodik zur Klärung von Interaktionsprozessen von Formations-, Mineral-, Tiefengrund- und oberflächennahen Grundwässern im Einzugsgebiet des Neusiedlersees. Unveröffentlichte Diplomarbeit, 125 S., Montanuniversität Leoben, Institut für Geowissenschaften, Abteilung für Geologie und Lagerstättenlehre, Leoben.
- ZÖTL J. & GOLDBRUNNER J.E. (Hg.), 1993: Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente. 324 S., Springer, Wien.

**Eingelangt:** 2020 06 30

**Anschrift:**

Univ.-Prof. Dr. Hermann HÄUSLER, Department Environmental Geosciences, Althanstraße 14, UZA II, A-1090 Vienna, E-Mail: hermann.hausler@univie.ac.at



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [157](#)

Autor(en)/Author(s): Häusler Hermann

Artikel/Article: [Wie gelangte das Salz in die Salzlacken? – Zum Stand der Forschung über die Entstehung des „Salzführenden Horizontes“ und der Salzböden des Seewinkels 145-147](#)