

DIE SALZMINERALE DER SALZLACKEN IM SEEWINKEL, BURGENLAND

Alexander Csaplovics, Michael A. Götzinger* & Christian L. Lengauer

Institut für Mineralogie und Kristallographie, Universität Wien,
Althanstrasse 14, 1090 Wien / *michael.goetzinger@univie.ac.at

Abstract

Seewinkel, east of Lake Neusiedl, Burgenland, is home to around 45 salt lakes. For this work, 20 samples from 13 paints were analyzed; both water samples which were eluted from soil samples and samples taken directly from the paints were used. These were evaporated at room temperature (about 25 °C) and the resulting salts were examined by powder X-ray diffractometry (PXRD).

The following mineral phases could be detected: Halit, Sylvan, Thermonatrit, Trona, Nahcolit, Soda, Northupit, Thenardite, Burkeit, Anhydrite, Potassium Nitrate (Niter), Hydroxylapatite and Dorfmanite.

Zusammenfassung

Im Seewinkel östlich des Neusiedler Sees, Burgenland, treten etwa 45 Salzlacken auf. Für diese Arbeit wurden 20 Proben aus 13 Lacken analysiert; es wurden sowohl aus Bodenproben eluierte als auch direkt aus den Lacken entnommene Wasserproben verwendet. Diese wurden bei Raumtemperatur (ca. 25 °C) evaporiert und die dabei entstandenen Salze mittels Pulver-Röntgendiffraktometrie (PXRD) untersucht.

Folgende Mineralphasen konnten nachgewiesen werden: Halit, Sylvan, Thermonatrit, Trona, Nahcolit, Natron (Soda), Northupit, Thenardit, Burkeit, Anhydrit, Kalisalpeter (Niter), Hydroxylapatit und Dorfmanit.

1. Einleitung

Diese Arbeit ist eine Zusammenfassung der Bachelorarbeit von A. CSAPLOVICS (2014). Östlich des Neusiedlersees im Burgenland prägen, verteilt über 25 km², etwa 45 Salzlacken das Bild des Seewinkels. Das Gebiet ist reich an seltener, teils einzigartiger Flora und Fauna. Diese Lacken sind bis zu etwa 80 cm tief, fallen jedoch immer wieder trocken, wodurch es zu Salzausblühungen kommt. Die zentralen, im Raum zwischen und um Illmitz, Podersdorf am See, Frauenkirchen, St. Andrä, und Apetlon gelegenen Lacken umfassen das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit, die eine Fortführung der vorangegangenen Charakterisierung der Salzminerale durch GÖTZINGER und PRISTACZ (2009) ist. Es war davon auszugehen, dass aus den noch gelösten Anteilen der Salzlacken (Probennahmen 2008) weitere

Minerale auskristallisieren, die in der Arbeit von 2009 noch nicht erfasst werden konnten. Eine zusätzliche Probennahme erfolgte dann im September 2011.

Von der Lage her können 2 Bereiche von Lacken unterschieden werden: Ein westlicher Bereich in der Nähe zum Neusiedler See und ein östlicher Bereich, der vollkommen getrennt vom Neusiedler See liegt. Zum östlichen Bereich gehören u.a. der Obere, Mittlere und Untere Stinkersee, der Albersee, der Herrnsee, die Runde Lacke und (?) der Illmitzer Zicksee. Zum östlichen Bereich gehören die Birnbaumlacke, die Fuchslochlacke, die Neubruchlacke, der Darscho (Warmsee), die Marthoflacke und die Moschadolacke.

1.1. Entstehung der Salzlacken

Die ufernahen Lacken sind Abschnürungen des Neusiedlersees und wesentlich jünger als die weiter östlich im zentralen Seewinkel gelegenen. Für letztere wird ein Alter von mehreren Zehntausend Jahren angenommen (KRACHLER et al., 2012).

Für die Entstehung der zentral gelegenen Lacken gibt es mehrere Hypothesen. Zusammenfassungen geben KRACHLER et al. (2000, Limnochemie) sowie HÄUSLER (2007, Geologie, Geophysik, Hydrogeologie). Zu erwähnen sind:

1.1.1. die „Pingo-Hypothese“: Die Lacken sind durch Abschmelzung von Eislinsen des letzten Würm-Maximums entstanden.

1.1.2. die „Erosionshypothese“: Der Verschnitt des „Salzführenden Horizontes“ mit dem heutigen Gelände bedingt lokale Senken, die den Niederschlag stauen. Dies führte zur Bildung der Salzlacken. Hierbei sei angemerkt, dass die Herkunft des Salzgehaltes im „Salzführenden Horizont“ noch nicht geklärt ist.

Die weit verbreitete Hypothese der Speisung der Lacken durch aus der Tiefe aufsteigende Salzwässer ist jedenfalls hydrogeologisch nicht verifizierbar (HÄUSLER, 2007).

2. Bisherige Erkenntnisse

In der vorangegangenen Untersuchung (GÖTZINGER & PRISTACZ, 2009) wurden folgende Minerale aus den distalen Bereichen der Salzausscheidungen nachgewiesen:

Brushit	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	monoklin
Burkeit	$\text{Na}_6(\text{SO}_4)_2(\text{CO}_3)$	orthorhombisch
Halit/Steinsalz	NaCl	kubisch
Hydroxylapatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	hexagonal
Mirabilit	$\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	monoklin
Nahcolit	$\text{NaH}(\text{CO}_3)$	monoklin
Natron (Soda)	$\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	monoklin
Thenardit	$\text{Na}_2(\text{SO}_4)$	orthorhombisch
Thermonatrit	$\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$	orthorhombisch
Trona	$\text{Na}_3(\text{CO}_3)(\text{HCO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	monoklin

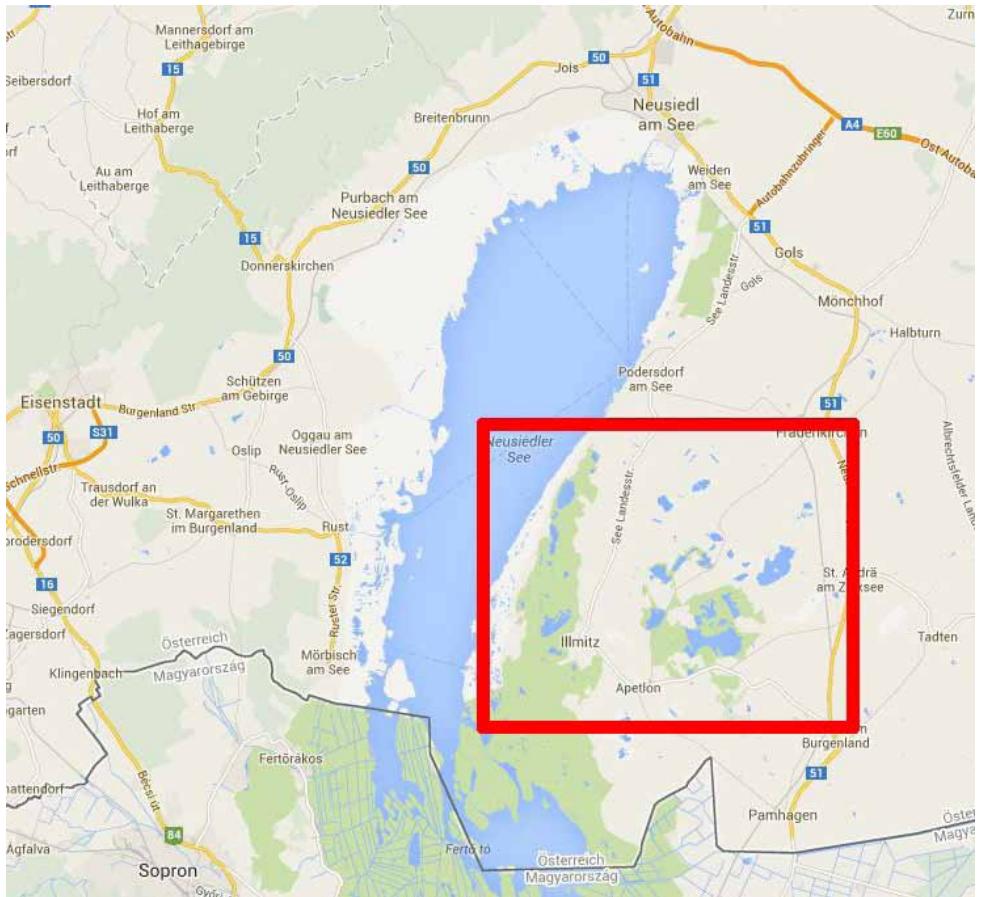


Abb. 1a: Lage der Salzlacken am Ostrand des Neusiedler Sees, Burgenland. (Quelle: Google Maps, ergänzt.)

3. Proben und Probenvorbereitung

Die Ausgangsproben lagen teils als Bodenproben (S9, S15, S16, S22, B1, B2, B3), teils als Wasserproben (L1 bis L14) vor. Die Entnahme der Wasserproben im Naturschutz-Bereich erfolgte im Jahre 2008 durch MAG im Rahmen einer Kontrollfahrt mit Herrn Richard Haider und mit Erlaubnis seitens der Biologischen Station Illmitz (Prof. Dr. Alois Herzog).

Wasserproben:

Zunächst wurde die Dichte der Salzlösungen bestimmt, dann wurde je 250 ml Lösung unbehandelt und unfiltriert in Bechergläser gefüllt. Einige Proben verströmten einen intensiven Schwefelwasserstoffgeruch, der sich wahrscheinlich auf mikrobielle Aktivität rückführen lässt.

Bodenproben:

Es wurde je 200 g Bodenmaterial mit 250 ml destilliertem Wasser vermengt und mehrere Tage bei Raumtemperatur zum Absetzen stehengelassen, bis die überstehende Flüssigkeit klar war. 200 ml dieser Lösung wurde dann wie die Wasserpro-

ben in Bechergläser gefüllt. Zuvor wurde ebenfalls die Dichte der Lösungen bestimmt, die jedoch durch organische Verunreinigungen und einen Rest an feinsten Tonmineralen aus dem Boden etwas verfälscht waren.

Um Kontamination durch Staub zu vermeiden, wurden die Bechergläser zugedeckt, sodass eine Luftzirkulation nur über den Ausguss stattfand. Über mehrere Wochen bis Monate dunsteten die Lösungen unter normalen Raumbedingungen ein, bis nur noch ein trockener Bodensatz aus Salzen mit z.T organischen Resten und auch Tonmineralen übrig blieb.

3.1. Probenliste und Datum der Probennahme

Albersee	Proben L1 (16.9.2011), L13 (5.9.2008), S9 (5.9.2008)
Birnbaumlacke	Probe B2 (5.9.2008)
Darscho (Warmsee)	Probe L14 (31.8.2008)
Fuchslochlacke	Proben S15 (Ost-Rand, 16.9.2011), S16 (Westrand, innen, 16.9.2011)
Herrnsee	Proben L11 (5.9.2008), B1 (SW-Seite, Seebodennahe, 5.9.2008)
Illmitzer Zicksee	Proben L2 (16.9.2011), L12 (5.9.2008)
Martinhoflacke (Südl. Martinhoflacke)	Probe S22 (31.8.2008)
Mittlerer Stinkersee	Probe L5 (16.9.2011)
Moschadolacke	Probe B3 (31.8.2008)
Neubruchlacke	Probe L3 (16.9.2011)
Oberer Stinkersee	Proben L6 (16.9.2011), L10 (5.9.2008)
Runde Lacke	Probe L4 (16.9.2011)
Unterer Stinkersee	Proben L7 (16.9.2011), L9 (5.9.2008)

Die Masse der Salze wurde anschließend gemessen. So konnte grob für die einzelnen Proben der Salzgehalt pro Liter errechnet werden:

$$\text{Salzgehalt [g/l]} = m(\text{Salz}) [\text{g}] / V(\text{Lösung}) [\text{l}]$$

Die zeitintensive Methode des Eindunstens bei Zimmertemperatur wurde gewählt, um eventuell das Mineral Mirabilit, $\text{Na}_2[\text{SO}_4] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Glaubersalz) nachzuweisen, das sich oberhalb von 25 °C (bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 80%, bei geringerer Feuchte schon bei niedrigerer Temperatur) durch Entwässerung in Thenardit umwandelt (ASMUSSEN, 2007). Leider konnte kein Nachweis für das Vorhandensein von Mirabilit erbracht werden, doch war in vielen Proben Thenardit vorhanden. Es ist anzunehmen, dass die Luftfeuchte im Laborraum für die Bildung von Mirabilit zu gering war.



Abb. 1b: Die Lage der untersuchten Lacken im Seewinkel, Burgenland (Quelle: Google Maps, ergänzt.).

3.2. Löslichkeitsprodukt und Eindampfungsabfolge

Löslichkeitsprodukte der vorkommenden Minerale (aus: NIEMI et al., 1997):

Mineral	Löslichkeitsprodukt bei 25 °C
Halit	37,19
Sylvin	7,941
Thermonatrit	3,033
Thenardit	0,5159
Nahcolit	0,3953
Burkeit	0,16905
Natron	0,1497
Trona	0,0903
Anhydrit	0,00004346
Northupit	0,00001585

Northupit besitzt demnach die geringste Löslichkeit, es ist das erste Mineral, das bei der Verdunstung auskristallisiert. Darauf folgt Gips, der sich durch Dehydratation in Anhydrit umwandelt. Mit steigendem Löslichkeitsprodukt fallen in weiterer Folge die entsprechenden Minerale aus, bis zuletzt zum Halit, der die höchste Löslichkeit dieser Minerale aufweist. So ergibt sich die Abfolge:

Northupit → (Gips) Anhydrit → Trona → Natron → Burkeit → Nahcolit → Thenardit → Thermonatrit → Sylvin → Halit

3.3 Probenvorbereitung der Kristallisate

Die Verdunstungsrückstände der Proben wurden für die Pulver-Röntgendiffraktometrie (PXRD) mit einem Spatel aus den Bechergläsern gekratzt und in verschließbare Kunststoffröhren gefüllt um möglichst weiteren Luftkontakt zu vermeiden. Für die Analyse mussten die z.T. recht grobkörnigen Salze in einem Achat-Mörser gepulvert werden, wobei die optimale Korngröße zwischen 1 bis 10 µm liegt.

Als Probenträger dienten Plättchen aus Si-Einkristallen, die zur Fixierung des Pulvers mit einer adhäsiven, aber leicht entfernbarer Paste (Glisseal Laborfett) vorbehandelt wurden. Diese wiederum wurden mit einer plastischen Knetmasse in den Probenringen befestigt und das Pulver mit einem Glasplättchen flach gedrückt.

Die Messungen wurden an einem Philips X’Pert Diffraktometer mit CuKa-Strahlung (40 kV, 40 mA), Proben-Dreher, 0.04 rad Sollerspalten, sekundärem Graphit-Monochromator, Szintillationszähler und einem 0.01 mm Empfängerspalt durchgeführt. Die Parameter für die Datenerfassung wurden folgendermaßen konfiguriert: 20-Bereich: 5-85°; Schrittweite: 0,02°; Messdauer pro Schritt 2 s.

4. Auswertung und Ergebnisse

Die Messdaten wurden mit dem Programm PowDLL (KOURKOUMELIS, 2013) konvertiert. Die Auswertung der Daten erfolgte mit DIFFRACplus EVA (Bruker-AXS, 2007). Folgende Minerale konnten nachgewiesen werden:

Name	Chem. Formel	Kristallsystem
<i>Chloride</i>		
Halit	NaCl	kubisch
Sylvin	KCl	kubisch
<i>Karbonate</i>		
Thermonatrit	Na ₂ CO ₃ · H ₂ O	orthorhombisch
Trona	Na ₃ HCO ₃ · 2H ₂ O	monoklin
Nahcolit	NaHCO ₃	monoklin
Natron	Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	monoklin
Northupit	Na ₃ Mg(CO ₃) ₂ Cl	kubisch
<i>Sulfate</i>		
Thenardit	Na ₂ SO ₄	orthorhombisch
Burkeit	Na ₆ (CO ₃)(SO ₄) ₂	orthorhombisch
Anhydrit	CaSO ₄	orthorhombisch
<i>Nitrate</i>		
Niter	KNO ₃	orthorhombisch
<i>Phosphate</i>		
Hydroxylapatit	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	hexagonal
Dorfmanit	Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O	orthorhombisch

Im Vergleich zur vorhergehenden Untersuchung (vgl. GÖTZINGER & PRISTACZ, 2009) wurden in den Verdunstungsrückständen der Salzlackenlösungen fünf neue Mineralphasen gefunden: Sylvian, Northupit, Anhydrit, Niter und Dorfmanit.

Der Hydroxylapatit ist sicherlich keine evaporitische Bildung, er stammt vermutlich aus Tierknochen, Windeintrag oder einer Reaktion von Vogelexkrementen mit karbonatischen Lösungen. Die Herkunft des Dorfmanits ist unklar, doch kommt dieser nur in der Probe S22 (Bodenprobe, Martenhoftalcke) vor.

Nicht gefunden wurden Brushit und Mirabilit.

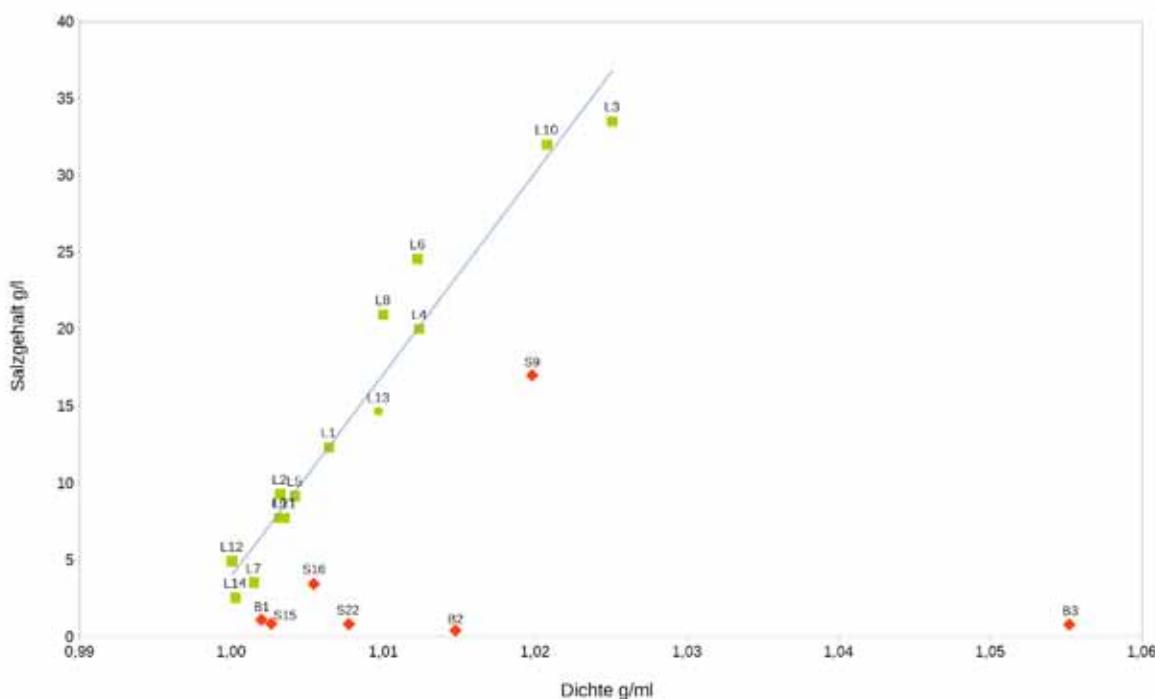


Abb. 2: Korrelation von Salzgehalt (g/l) und Dichte (g/ml) der untersuchten Lösungen. Die von einer nahezu linearen Regression stark abweichenden Datenpunkte (rot) repräsentieren Lösungen von Bodenproben, die durch Verunreinigungen abweichen.

4.1. Einzelergebnisse für die beprobten Lacken (die dominanten Mineralphasen sind unterstrichen)

Westliche Lacken:

Albersee:

L1: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Thenardit

L13: Halit, Sylvian, Nahcolit, Northupit, Burkeit, Hydroxylapatit

S9: Halit, Thenardit, Anhydrit

Herrnsee:

L11: Halit, Thenardit

B1 (SW-Seite): Halit, Thermonatrit, Trona, Nahcolit

Illmitzer Zicksee:

L2 und L12: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Trona, Anhydrit (nur in L2),
Burkeit, Hydroxilapatit

Oberer Stinkersee:

L6 und L10: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Trona, Nahcolit, Burkeit

Mittlerer Stinkersee:

L5: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Trona, Anhydrit, Burkeit

Unterer Stinkersee:

L7: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Trona, Northupit, Anhydrit

L9: Halit, Sylvian, Thermonatrit, Trona, Nahcolit, Anhydrit, Burkeit, Hydroxilapatit

Runde Lacke:

L4: Halit, Thermonatrit, Trona, Thenardit

Östliche Lacken:

Birnbaumlacke:

B2: Halit, Thermonatrit, Trona, Burkeit

Darscho (Warmsee):

L14: Halit, Nahcolit, Thenardit

Fuchslochlacke:

S15 (Ostrand): Halit, Thermonatrit, Trona, Burkeit, Niter

S16 (Westrand): Halit, Sylvian, Thermonatrit, Nahcolit, Burkeit

Martinhoflacke (Süd):

S22: Halit, Thermonatrit, Natron, Nahcolit, Burkeit, Dorfmanit

Moschadolacke:

B3: Halit, Thermonatrit, Trona, Northupit

Neubruchlacke:

L3: Halit, Trona, Thenardit, Burkeit, Hydroxilapatit

Halit ist in allen 20 Proben vorhanden, aber nicht immer die Hauptphase. Unter den Na-Karbonaten kommt Thermonatrit in 15 und Trona in 13 Proben vor, häufig beide gemeinsam. In 12 Proben wurde das Na-Karbonat/Sulfat Burkeit gefunden. Sylvian ist mit 10 Nachweisen die fünfthäufigste Mineralphase.

Alle 3 Stinkerseen und die Illmitzer Zicklacke enthalten Halit, Sylvian, Thermonatrit und Trona; sie sind karbonatbetont. Albersee und Neubruchlacke sind arm an

Karbonaten, sie sind chloridisch und eher sulfatbetont. In den östlichen Lacken (siehe Einleitung) fehlt Sylvian weitgehend. In den westlichen Lacken ist bis auf 2 Ausnahmen (Runde Lacke, Herrnsee) Sylvian nachgewiesen. Dies könnte eine Folge davon sein, dass diese Lacken mit dem Neusiedler See hydrologisch verbunden sind bzw. als Abschnürungen des Neusiedler Sees angesehen werden (z.B. Oberer Stinkersee; KRACHLER et al., 2012). Die chemischen Analysen (in KRACHLER et al., 2012) weisen für die westlich gelegenen Lacken deutlich höhere K-Gehalte als für die östlich gelegenen aus. Eine Erklärung für die erhöhten K-Gehalte liegt wahrscheinlich im (teilweise gelösten) Feinmaterial des Sees, wobei sich das K-Al-Schichtsilikat Muskovit als feinstkörniges Abtragungsmineral aus den Phylliten des Leithagebirges findet.

5. Conclusio

Die Kernerkenntnis dieser Arbeit ist der Nachweis der Mineralphasen Sylvian, Norsthupit, Anhydrit, Niter und Dorfmanit, die sich zu den bereits gefundenen in der vergangenen Arbeit (GÖTZINGER & PRISTACZ, 2009) gesellen. Weiters erwähnenswert ist, dass in allen Lösungen der Lacken Halit gefunden wurde.

Das isolierte Auftreten von Dorfmanit (Probe S22, Martenhoflacke) stammt vermutlich aus Windeintrag und ist daher sehr wahrscheinlich nicht signifikant.

Ebenso kommt Niter nur in einer Probe vor (S15, Fuchslochlacke), wobei durch die Nähe der Fuchslochlacke zu Weingärten eine Bildung durch Düngemitteleintrag vermutet werden kann.

Das Auftreten von Hydroxylapatit ist vermutlich auf Tierknochenreste, Windeintrag oder einer Reaktion von Vogelexkrementen mit karbonatischen Lösungen zurückzuführen.

Diese Arbeit gibt einen Überblick über die in den Salzlacken des Seewinkels vorkommenden Mineralphasen. Da allerdings der Einfluss von Umwelt, Flora und Fauna auf die Salzlacken hoch komplex ist, kann hier kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Zukünftige Untersuchungen werden sicherlich noch tiefere Einblicke in die Welt der Lacken liefern können.

6. Ausblick

Eine Fragestellung, die Gegenstand zukünftiger und teils bereits laufender weiterer Untersuchungen ist, widmet sich dem Ursprung des Salzgehaltes im „Salzführenden Horizonte“. Um diesem näher zu kommen, sind Analysen von Chlor-Isotopen geplant.

7. Danksagung

Für freundliche Hinweise sowie für die Unterstützung bei der Probennahme danken wir Herrn Prof. Dr. Hermann Häusler (Univ. Wien), Herrn Prof. Dr. Alois Herzog und Herrn Dr. Alois Lang sowie Herrn Richard Haider (alle Biologische Station Neusiedler See, Illmitz) sowie Herrn Zoltan Csaplovics.

8. Literatur

- ASMUSSEN, S. (2007): Experimente zur Salzverwitterung von Naturgesteinen mittels Dehnungsmessungen; Universität Hamburg
- Bruker-AXS (2007): DIFFRACplus Evaluation Package. Karlsruhe, Deutschland.
- CSAPLOVICS, A. (2014): Die Salzminerale der Salzlacken im Seewinkel, Burgenland. Bachelorarbeit der Studienrichtung Erdwissenschaften, Institut für Mineralogie und Kristallographie, Univ. Wien 2014, 52 S.
- GÖTZINGER, M.A. und PRISTACZ, H. (2009): Die Salzminerale des Seewinkels, Burgenland, S 73-77. In: GÖTZINGER, M.A. und HUBER, P. (2009): Die Mineralien des Burgenlandes; Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland (WAB) 126, 256 S.
- HÄUSLER, H. (2007): Erläuterungen zu den Blättern 79 Neusiedl am See, 80 Ungarisch-Altenburg, 109 Pamhagen; Geologische Bundesanstalt Wien, 88 S. ISBN 978-3-85316-031-2
- KRACHLER, Rudolf, KRACHLER, Regina, MILLERET, E., WESNER, W. (2000): Limnochemische Untersuchungen zur aktuellen Situation der Salzlacken im burgenländischen Seewinkel. Burgenländische Heimatblätter 62, 1&2, 3-49
- KRACHLER, R., KORNER, I., DVORAK, M., MILAZOWSZKY, N., RABITSCH, W., WERBA, F., ZULKA, P. & KIRSCHNER, A. (2012): Die Salzlacken des Seewinkels: Erhebung des aktuellen ökologischen Zustandes sowie Entwicklung individueller Lackenerhaltungskonzepte für die Salzlacken des Seewinkels (2008 – 2011). KRACHLER, R., KIRSCHNER, A. & KORNER, I. (Redaktion). Verlag & Hrsg. Österreichischer Naturschutzbund, Eisenstadt, Österreich; ISBN 978-3-902632-23-4
- KOURKOUMELIS, N. (2013): PowDLL, a reusable .NET component for inter-converting powder diffraction data. Powder Diffraction 28, 137-148.
- NIEMI, T. M., BEN-AVRAHAM, Z., GAT, J. (1997): The Dead Sea – The Lake and Its Setting; Oxford Monographs on Geology and Geophysics, No.36, Oxford University Press

received: 08.08.2018

accepted: 13.08.2018