

# **Untersuchungen an dem zum Abdämmen verwendeten Laist (Rückstandston) des Ischler Salzbergwerkes.**

Von

Walter J. S c h m i d t (Wien).

Über die Geologie der Ischler Salzlagerstätte und ihrer Umgebung gibt es bereits eine so zahlreiche Literatur (siehe Schrifttumsverzeichnis), daß hier einige einführende Hinweise genügen dürften.

Das Salz (einschließlich des sekundär ausgeschiedenen) findet sich mehr oder weniger innig vermengt mit bunten Schiefertönen (vorherrschend grau bis schwarz, aber auch rot und, in Ischl stark zurücktretend, grün), wozu sich noch Sandsteine, dolomitische Kalke, Anhydrit, zum Teil sekundär zu Gips umgewandelt, und, seltener, einige andere Salzminerale und Erze (Pyrit und Kupferkies) gesellen.

Diese tektonisch extrem beanspruchte und vermengte Serie wird unter der Bezeichnung „Haselgebirge“ zusammengefaßt, ist in sich gliederbar (O. Schauburger, 1949) und gehört stratigraphisch in das Liegende des Werfener Horizontes, hinabreichend bis in das oberste Perm (W. Klaus 1953 a, 1953 b, 1954).

In den natürlichen Ausbissen ist das Haselgebirge insofern verändert, als die leicht löslichen Salze infolge der Durchfeuchtung herausgelöst sind. Der verbleibende Rückstand (vorherrschend Ton mit mehr oder weniger Gips und Sandstein) hat einen eigenen Namen bekommen, das „Lebergebirge“.

Ganz analoge Verhältnisse finden sich auch unter Tage dort, wo das Haselgebirge an wasserführende Schichten stößt, allerdings ist das Lebergebirge meist schon zu Glanzschiefer umgewandelt. Bei kleineren Vorkommen kann dieser natürliche Auslaugungsprozeß so weit fortgeschritten sein, daß überhaupt keine leicht löslichen Salze mehr vorhanden sind, sondern nur mehr Lebergebirge, allenfalls mit Gips. Umgekehrt werden die größeren Vorkommen durch die neu entstandene, praktisch wasserundurchlässige Hülle vor einer weiteren Auslagung bewahrt, und es sind eigentlich dadurch in erster Linie die großen alpinen Salzlagerstätten überhaupt erhalten geblieben.

Es ist verständlich, daß der Bergbau diese schützenden Grenzzonen überall möglichst unversehrt belassen will, weil durch sie der Bestand seiner Anlagen gewährleistet wird.

Die Gewinnung des Salzes, das zwar mehr als die Hälfte des ganzen

Komplexes ausmacht, aber durch die innige Vermengung mit den übrigen Bestandteilen nicht direkt abgebaut werden kann, muß sich diesen Verhältnissen anpassen und besteht in einer Auslaugung im „Sinkwerksbetrieb“ mit nachfolgender Eindampfung der erhaltenen Sole in der Sudhütte.

Dies geschieht so, daß ein ausgesprengter Hohlraum, das „Werk“ (etwa 1000 m<sup>2</sup> Grundfläche bei 2,30 m Höhe) mit „Süßwasser“ bis an die Decke, den „Himmel“, gefüllt wird. Das „Ätzwasser“ dringt allmählich in „Ulme“ (Seitenwände) und „Himmel“ (Decke) ein, wobei sich das Salz löst und die Rückstände (der „Laist“, auch „Leist“) zu Boden sinken. Das allmähliche Zurückweichen der Ulme und des Himmels nennt man das „Aufsieden des Werkes“. Es entstehen dadurch nach oben zu immer breiter werdende Hohlräume, mitunter bis über 20.000 m<sup>3</sup> groß. Sobald eine genügende Konzentration (25—26 Prozent) der Lauge erreicht und diese zur „Sole“ geworden ist, wird sie abgelassen und im „Strehn“ (Rohrleitungen) der Sudhütte zugeführt. Ein „Umtrieb“ (Füllung, Vergütung, Entleerung) dauert in Ischl etwa 30—40 Tage.

Ein Ausbau der Werker ist nicht notwendig, die natürliche Standfestigkeit ist auch in den größeren Hohlräumen völlig ausreichend. Für nähere Angaben über den Gewinnungsprozeß sei verwiesen auf O. Buschmann, 1909, J. Knett, 1931, L. Janiñ, 1934.

Für die mannigfachen Dichtungsprobleme, die sich nun sowohl bei der Auffahrung als auch bei der eigentlichen Solegewinnung ergeben, hat uns die Natur ein ausgezeichnetes Beispiel vor Augen gestellt: die Entstehung und Wirkung des Lebergebirges, jene abdichtende Hülle aus natürlich ausgelaugtem Haselgebirge. Und das gleiche Produkt entsteht ja auch künstlich beim Aufsieden der Werker, nämlich der dort zu Boden sinkende Rückstand, der Laist.

Es war naheliegend, damit das natürliche Beispiel nachzuahmen, und es bewährt sich dies auch tatsächlich bereits seit langem in ausgezeichneter Weise.

Der Laist wird dabei vor allem verwendet zum Abdichten der Wasserzutritte im Grenzgebirge (das eigentliche Salzgebirge ist ja meist frei von Wasser), beim Werksablaß (Abfluß der Sole aus dem Werk) und dort, wo sich zwei Werker eventuell zu verschneiden drohen.

Gewöhnlich wird der Laist in einem besonderen Werk gewonnen, da sich nicht alle Arten gleich gut eignen. Am besten dichtet der aus dem grauen oder graugrünen Haselgebirge gewonnene grüne Salzton, der aber nicht überall zur Verfügung steht. Der graue Salzton, der relativ selten auftritt, ist zwar absolut wasserundurchlässig, beginnt aber beim Verdichten zu „schwimmen“, d. h. er besitzt offenbar erhebliche thixotrope Eigenschaften und ist daher für sich allein zum Abdichten nicht verwendbar. Der mit dem roten Haselgebirge verbundene schwarze Salzton ist all-

gemein wasserdurchlässig und als Dichtungsmaterial ungeeignet. Beim roten Salzton handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um einen sekundär höher oxydierten schwarzen Salzton mit entsprechenden Eigenschaften. Selbstverständlich gibt es mannigfache Misch- und Übergangstypen, und mit solchen hat man es auch meist zu tun.

Im Ischler Bergwerk selbst gibt es nur den grünlichschwarzen Salzton, dessen Dichtungseigenschaften keineswegs den Idealfall darstellen und der bei heikleren Problemen durch besseres Material aus anderen Salinen ersetzt werden muß. Die später dargestellten Untersuchungen beziehen sich jedoch ausschließlich auf das Material aus Ischl, was bei allfälligen allgemeinen Rückschlüssen zu beachten ist.

Die Aufbereitung des Dämmtones erfolgt nun in der Weise, daß allenfalls beigemengte Sandstein- oder Gipsbrocken ebenso wie harte Schieferbrocken durch Siebung entfernt werden. Das so erhaltene feine Gemisch von Ton mit etwas Gips und Anhydrit, eventuell etwas Mergel, immer auch noch etwas Salz, wird in schwach plastischem Zustand (der Feuchtigkeitsgehalt wird vor der Verwendung durch Besprengungen mit Sole reguliert) in etwa 5 bis 10 cm dicken Schichten aufgetragen und mittels Holzschlägeln auf etwa ein Drittel des Ausgangsvolumens verdichtet („geprackt“). In neuerer Zeit verwendet man zur Verdichtung auch Preßluftwerkzeuge. Die so Schicht auf Schicht entstehenden Dämme, die auch nach dem Salzgehalt des anstehenden Haselgebirges dimensioniert werden, verzahnen sich ausgezeichnet mit dem angrenzenden Gebirge und bilden nach einer gewissen Austrocknungszeit eine verlässliche und dauernde Dichtung.

Auf Grund dieser besonderen Eigenschaften war es nun von Interesse, zu untersuchen, worauf diese beruhen.

Daß die Verdichtung allein zur Erklärung nicht ausreicht, ist jedem klar, der sich mit ähnlichen Problemen beschäftigt hat. Über ein gewisses Optimum hinaus läßt sich der Einfluß der Verdichtung nicht steigern.

Es müssen also die besonderen Eigenschaften im Material selbst liegen. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder sind diese Eigenschaften durch Tonminerale (und die von ihnen adsorbierten Ionen) bedingt oder durch einen oder mehrere der übrigen Bestandteile.

Um hierüber eine Entscheidung zu treffen, wurden im Sommer 1954 anlässlich einer Führung durch das Ischler Salzbergwerk<sup>1)</sup> von einem gerade im Bau befindlichen Dichtungsdamm Proben genommen und diese einer Untersuchung unterworfen.

---

<sup>1)</sup> Herrn Pd. Dr. W. Medwenitsch danke ich nicht nur für eine Führung durch das Ischler Salzbergwerk und seine Umgebung, sondern auch für spätere Beratung. Für die Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Hinweise danke ich ganz besonders Herrn Bergrat Dipl.-Ing. O. Schaubberger.

Die Proben zeigen einen feinen grauen Ton, vermengt mit kleinen Bröckelchen von grauem und rotem Schieferton. Beim Austrocknen entstehen unzählige kleine Salz- und Gipskriställchen.

Die durchgeführten Schlämmanalysen (Aufbereitung nur durch länger dauernde Lagerung im Wasser — bis zu einer Woche —, um den natürlichen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen; ansonsten nach Atterberg) ergaben in allen Fällen, daß der Anteil der Fraktion unter 0,002 mm geringer als 5 Prozent ist (dies änderte sich auch nicht nach einer Aufbereitung durch längeres — eine Stunde — Kochen mit 5prozentigem Wasserstoffsperoxyd), der Anteil an Schieferbröckchen (rote relativ angereichert) über 0,5 mm geringer als 4 Prozent. Die Hauptmasse der Proben besteht aus Schluff.

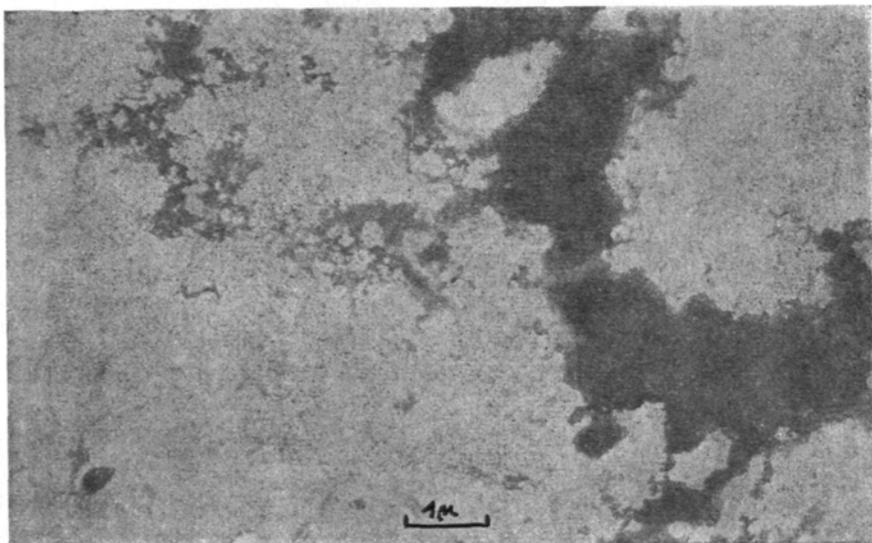


Abb. 1

Elektronenmikroskopische Aufnahme<sup>2)</sup> der Fraktion unter 0,002 mm des Rückstandstones von Ischl.

Unter dem Mikroskop lassen sich an den getrockneten Proben neben der Tonsubstanz Quarz, Serizit, Gips, Anhydrit, Steinsalz, Pyrit, Limonit erkennen. Mit der Feinheit der Fraktion nimmt der Anteil der Tonsubstanz zu. Hinsichtlich allgemeiner petrographischer Untersuchungen des Salzgebirges sei verwiesen auf R. Görgey, 1914, und A. Himmelbauer, 1931.

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Salztone des Salzkammergutes sei verwiesen auf O. Schauburger und H. Rueß, 1951. Laut freundlicher brieflicher Mitteilung von O. Schauburger (1955) haben neue und sehr sorgfältig durchgeführte Analysen ergeben, daß der Alkaligehalt allgemein „wesentlich höher“ liegt als 1951 angegeben.

Bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung<sup>2)</sup> zeigt sich die außerordentliche Feinheit des Materials (besonders Abb. 1) und ein charakteristisches Zusammentreten zu einer Art Wabengefüge (Abb. 1). Größere Aggregate (Abb. 2) gewinnen ein wolkiges Aussehen. Das Fehlen scharf begrenzter, eckiger (Rest-) Formen deutet darauf hin, daß wir es wahrscheinlich mit Neubildungen (und nicht mit Zersetzungsprodukten), die noch in erheblichem Abstand etwa zum Serizit stehen, zu tun haben.

Eine Behandlung mit Benzidin (nach Siegl) ergab keine positive Montmorillonitreaktion.

Das Quellvermögen (nach Enslin) der ursprünglichen Probe schwankt etwas um 110 Prozent.

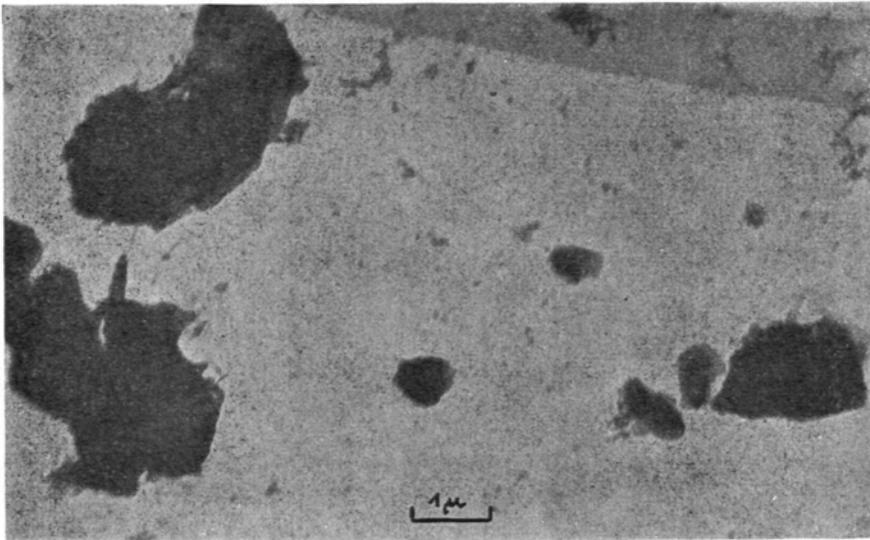


Abb. 2

Elektronenmikroskopische Aufnahme<sup>2)</sup> der Fraktion unter 0,002 mm des Rückstandstones von Ischl.

Die Differentialthermoanalyse der Fraktion unter 0,002 mm liefert die Kurve A der Abb. 3. Die erste endothermische Spitze liegt bei etwa 140° C, die zweite bei etwa 350° C, auf die dritte, bei etwa 850° C folgt eine exotherme Reaktion. Die Kurve verläuft allgemein relativ flach, weist aber eine gewisse Unruhe auf. Ein Vergleich mit den DTA-Kurven bekannter Illite ist sehr gut möglich.

Die Röntgenaufnahme ( $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung) der Fraktion 0,002 mm zeitigte das in Tab. 1 dargestellte Ergebnis.

<sup>2)</sup> Für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen danke ich herzlich Frau Dr. F. Pakesch von der 2. Medizinischen Universitätsklinik, Vorstand Prof. Dr. K. Fellingner.

| Indi-<br>zierung<br>(Illit) | Ton<br>Ischl |    |       | Illit<br>Gilead |    | Illit<br>Ballaler |      | Illit<br>South Wales |      |
|-----------------------------|--------------|----|-------|-----------------|----|-------------------|------|----------------------|------|
|                             | d            | I  | Anm.  | d               | I  | d                 | I    | d                    | I    |
| 002                         | 10,00        | 10 | breit | 9,98            | st | 9,9               | st   | 10,0                 | stst |
| 004                         | 5,00         | 6  |       | 4,97            | s  | 4,9               | m    | 5,0                  | m    |
| 110                         | 4,45         | 8  |       | 4,47            | st | 4,45              | stst | 4,46                 | stst |
| 111                         | 4,25         | 1  | + Q   | —               | —  | 4,28              | s    | —                    | —    |
| 022                         | —            | —  |       | 4,11            | ss | 4,10              | s    | —                    | —    |
| 113                         | —            | —  |       | —               | —  | 3,87              | s    | —                    | —    |
| 023                         | 3,64         | ½  |       | 3,7             | ss | 3,64              | ms   | —                    | —    |
| 114                         | 3,46         | 2  | + Q   | 3,4             | ss | —                 | —    | —                    | —    |
| 006                         | 3,31         | 10 | + Q   | 3,31            | m  | 3,35              | stst | 3,32                 | stst |
| 114                         | —            | —  |       | 3,2             | ss | —                 | —    | —                    | —    |
| 025                         | 2,97         | 1  |       | 2,98            | s  | 3,09              | ms   | 2,97                 | ss   |
| 115                         | 2,80         | ½  |       | 2,84            | ss | 2,85              | m    | 2,80                 | ss   |
| 202                         | 2,56         | 8  |       | 2,56            | st | 2,56              | stst | 2,55                 | stst |
| 133                         | 2,44         | 1  | + Q   | 2,44            | s  | 2,45              | ms   | 2,44                 | s    |
| 133                         | 2,39         | 1  |       | 2,38            | m  | 2,39              | m    | 2,37                 | ms   |
| 221                         | 2,24         | ½  | + Q   | 2,24            | m  | 2,24              | ms   | 2,23                 | s    |
| 223                         | —            | —  |       | 2,18            | s  | —                 | —    | 2,17                 | s    |
| 206                         | —            | —  |       | —               | —  | 2,14              | m    | 2,14                 | m    |
| 043                         | 2,11         | 1  | + Q   | 2,11            | s  | —                 | —    | —                    | —    |
| 0010                        | 1,98         | 3  | + Q   | 1,98            | m  | 1,99              | m    | 1,98                 | m    |
| 206                         | —            | —  |       | —               | —  | 1,94              | s    | —                    | —    |
| —                           | 1,81         | ½  | Q     | —               | —  | —                 | —    | —                    | —    |
| —                           | 1,70         | ½  | Q?    | —               | —  | —                 | —    | —                    | —    |
| 1310                        | 1,65         | 1  | + Q   | 1,65            | s  | 1,65              | m    | 1,64                 | m    |
| 312                         | —            | —  |       | 1,64            | m  | —                 | —    | —                    | —    |
| —                           | 1,53         | 2  | Q     | —               | —  | —                 | —    | —                    | —    |
| 060                         | 1,49         | 4  |       | 1,50            | st | 1,50              | st   | 1,49                 | stst |
| —                           | 1,37         | 1  | Q     | —               | —  | —                 | —    | —                    | —    |
| 335                         | 1,34         | ½  |       | 1,34            | ss | 1,34              | ms   | 1,34                 | s    |
| 400                         | 1,29         | 1  | + Q   | 1,29            | m  | 1,29              | m    | —                    | —    |
| 0016                        | 1,24         | ½  | + Q   | 1,24            | s  | 1,24              | ms   | 1,24                 | s    |

Tab. 1: Pulverdiagramm des Rückstandstones von Ischl und Vergleichsdaten aus der Literatur. Alleinige oder verstärkende Quarzlinien als solche bezeichnet. Indizierung und Vergleichsdaten nach Tab. 64 aus K. Jasmund, 1951.

Ein Vergleich mit den Pulverdiagrammen anderer Tonminerale zeigt eindeutig, daß es sich um Illit handelt. Auch die Quarzbeimengung läßt sich einwandfrei identifizieren. Für einen größeren Seriziteinfluß fehlen dessen charakteristische stärkere Linien bei 3,75, 3,44, 3,22, 2,99.

Da nun sämtliche Untersuchungen darauf hinweisen, daß es sich bei der Tonsubstanz des Laistes um Illit handelt (auch das Quellvermögen und die negative Benzidinreaktion stehen damit im Einklang), kann dessen besondere dichtende Wirkung nicht durch den Ton selbst bedingt sein. Dazu wären nur Tone mit Zweischichtstruktur (Bentonite) mit ihrem hohen Quell- und Jonenumtauschvermögen befähigt. Bei den Illiten handelt es sich hingegen um Zwischenstufen zwischen den eigentlichen Tonmineralen (und zwar sowohl Zweischichtmineralen, Bentoniten, als auch Dreischichtmineralen, Kaolinen) und den üblichen gesteinsbildenden Silikaten (vor

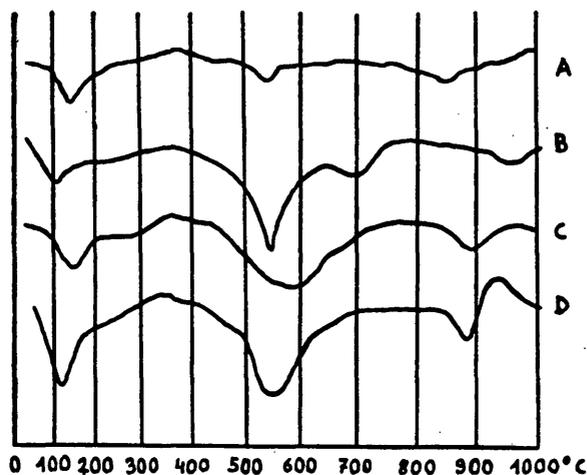


Abb. 3

DTA-Kurven der Fraktion unter 0,002 mm des Rückstandstones von Ischl (A), des Illits von Sárospatak (B), des Illits von Alexander Co. (C), des Illits von Vermilion Co. (D). (B—D nach Abb. 38 aus K. Jasmund, 1951.)

allem Glimmern und Feldspaten), die auch in ihren allgemeinen Eigenschaften zwischen diesen Gruppen stehen (aber doch immer in deutlichem Abstand von den Bentoniten). Bei der vorliegenden Situation darf man dabei wohl mit einiger Berechtigung annehmen, daß es sich um eine Bildung in aufsteigender Richtung (also von den Tonen zu den gesteinsbildenden Silikaten) handelt. Die Abtrennung einzelner Zwischenstufen mit spezieller Definition und Benennung erscheint dem Verfasser innerhalb der Illitgruppe noch nicht zweckmäßig. Für nähere Angaben über diesen Fragenkomplex sei verwiesen auf R. E. Grim, 1953, K. Jasmund, 1951, W. J. Schmidt, 1955, W. J. Schmidt und P. Wieden, 1955.

Als Ursache für die besonders dichtende Wirkung des Laistes scheinen somit nur seine übrigen Bestandteile zu bleiben, von denen nach unseren bisherigen Kenntnissen praktisch nur der Gips bzw. Anhydrit in Frage kommt.

Die sich im Gefolge der Auslaugung der Werker und der nachfolgenden Behandlung des Laistes ergebenden mannigfachen Zwischenstufen zwischen Anhydrit und Gips bzw. die damit zusammenhängenden Umwandlungsvorgänge (im wesentlichen eine Umkristallisierung unter Volumsvergrößerung durch Wasseraufnahme) und die neuerliche Ausscheidung schon gelösten Gipses beim Austrocknen der Dämme könnten den besonderen Zusammenhalt des Laistes bedingen.

Damit ist allerdings die Erfahrungstatsache nur schwer in Einklang zu bringen — worauf mich O. Schauberger besonders aufmerksam gemacht hat —, daß der gipsreiche schwarze Salzton als Dichtungsmaterial unbrauchbar ist, hingegen der am besten geeignete grüne Salzton aus dem ausgesprochen gipsarmen grünen Haselgebirge stammt.

Man muß daher auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß geringe und mit den bisherigen Methoden im Ischler grünlichschwarzen Salzton nicht nachweisbare Mengen anderer Beimengungen einen maßgeblichen Einfluß ausüben. Einen Hinweis in dieser Richtung gibt vielleicht das Verhalten des absolut wasserundurchlässigen und stark thixotropen grauen Salztone. Es könnte sein, daß es sich bei ihm um bentonitisches Material handelt und dieses, den anderen Tonen in wechselnden Mengen beigemischt, die mehr oder weniger dichtenden Eigenschaften bewirkt. Von einem mit entsprechendem Jonen (Na wäre ja in Hülle und Fülle vorhanden) besetzten Montmorillonit z. B. wären dazu u. U. schon 0,5 Prozent ausreichend. So geringe Mengen sind in der vorliegenden Kombination nur sehr schwer nachweisbar, und für allgemeine Folgerungen müßten daher unbedingt auch die anderen Salztontypen noch untersucht werden.

#### Schrifttum:

- Aigner A.: Die Salzlagerstätten der Alpen. Mitt. naturw. Ver. Stmk., 38. Graz 1902.  
 Aigner A.: Über den Kaiser-Franz-Josef-Erbstollen in Ischl. Mitt. naturw. Ver. Stmk., 41. Graz 1905.  
 Buschmann O.: Das Salz, dessen Vorkommen und Verwertung. Leipzig 1909.  
 Görgy R.: Über die alpinen Salzgesteine. Sitz. Ber. K. Akad. Wiss. Wien, math. naturw. Kl., 123. Wien 1914.  
 Grim R. E.: Clay-Mineralogy. New York 1953.  
 Hahn F. F.: Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. Mitt. Geol. Ges. Wien, 6. Wien 1913.  
 Himmelbauer A.: Der petrographische Aufbau der österreichischen alpinen Salzlagerstätten, verglichen mit dem Straßburger Permsalz. Sitz. Ber. Osterr. Akad. Wiss., math. naturw. Kl., Abt 1., 140. Wien 1931.  
 Janiž L.: Technisches Hilfsbuch für den österreichischen Salzbergbaubetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Wässerungskunst und deren Kontrolle. Wien 1934.  
 Jasmund K.: Die silicatischen Tonminerale. Weinheim 1951.  
 Klaus W.: Mikroporen-Stratigraphie der ostalpinen Salzberge. Verh. Geol. Bundesanst. Wien 1953 a.  
 Klaus W.: Alpine Salzmikropaläontologie (Sporendiagnose). Palaeont. Zsch., 27. Stuttgart 1953 b.  
 Klaus W.: Alpine Salz-Sporendiagnose. Zsch. Deutsch. Geol. Ges., 105. Hannover 1954.  
 Knett J.: Die geologisch-chemischen Grundlagen und bergtechnischen Methoden der Sollegewinnung im Salzkammergut. Wiener Mediz. Wochenschr., 47. Wien 1931.  
 Medwenitsch W.: Der geologische Aufbau des Salzkammergutes im Raum Ischl-Hallstatt-Aussee. Berg. Hüttenm. Monatsh., 94. Wien 1949 a.  
 Medwenitsch W.: Die Geologie der Hallstätter Zone von Ischl-Aussee. Mitt. Ges. Geol. Bergb. Stud. Wien, 1. Wien 1949 b.

- Medwenitsch W.: Die Geologie des Salzkammergutes. Mitt. Ges. Geol. Bergb. Stud. Wien, 2. Wien 1951 a.
- Medwenitsch W.: Probleme der alpinen Salzlagerstätten. Montan-Ztg., 67. Wien 1951 b.
- Mojsisovics E.: Der Salzberg zu Ischl und Umgebung desselben. Verh. Geol. Reichsanst. Wien 1868.
- Mojsisovics E.: Übersicht der geologischen Verhältnisse des Salzkammergutes. In C. Diener: Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes. Wien 1903.
- Mojsisovics E.: Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte Blatt Ischl-Hallstatt. Wien 1905.
- Schadler J.: Das Ergebnis der geologischen Neukartierung im Gebiet des Ischler und Ausseer Salzberges. Berg. Hüttenm. Monatsh., 94. Wien 1949.
- Schauberger O.: Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. Berg. Hüttenm. Monatsh., 94. Wien 1949.
- Schauberger O. und Rueß H.: Über die Zusammensetzung der alpinen Salztone. Berg. Hüttenm. Monatsh., 96. Wien 1951.
- Schmidt W. J.: Lagerstättenkundliche und geologische Forschungen in Kolumbien. Mitt. Geol. Wien, 47. Wien 1955.
- Schmidt W. J. und Wieden P.: Der Illit von Fehring (Oststeiermark). Tscherm. Min. Petr. Mitt., (3), 6. Wien 1955 (i. Dr.).
- Spengler E.: Die nördlichen Kalkalpen. In F. X. Schaffer: Geologie von Österreich. 2. Aufl. Wien 1951.