

# Aberrant Vertical Structures in Well-Bedded Halite Deposits

G. Richter-Bernburg

Haarstrasse 8, 3000 Hannover 1,  
Federal Republic of Germany

---

## ABSTRACT

Some halite formations, though in normal undisturbed position, show unusual features the interpretation of which is problematical. In halite members of Zechstein, of Muschelkalk, and of Keuper, as well as in other deposits as in sulfatic rocks, vertical structures occur which are comparable with each other. The original bedding is disturbed or even destroyed by subsequent events. Through several meters thickness, the sedimentary shape seems to be disintegrated into polygonal units or elements, and partial or complete recrystallization took place. Because of the superposition by well-bedded salt, this secondary event has to be considered as intraformational, in other words as early diagenetic.

---

## INTERRUPTED SEDIMENTATION

Halite deposits are usually well-bedded by intercalations of "impurities, i.e. of anhydritic or marly material, in any case of substances of lower salinity. Alternations as such, prove that during deposition the preconditions for the precipitation of NaCl varied between more and less favorable. We can also imagine that the concentration of the brine from which the precipitate came decreased considerably (by fresh water influx or any similar event) so that the last-risen sediment ("Bodenkörper") became unstable and has been redissolved (Fig. 1, conditions 1 and 2).

Let us suppose that this sediment recently formed was a mixture of two salts of different solubility, e.g., NaCl and CaSO<sub>4</sub>. Then only the more soluble salt in our case the NaCl, would be destroyed by selective redissolution, whereas the less soluble CaSO<sub>4</sub> would remain and could be relatively enriched. That event is known from other sedimentary rock as "halmyrolysis", and its product is called "hardground". We may also call it a sedimentary or diagenetic cap rock. In any case, though that represents a pause in the sedimentation and an hiatus in the series, it nevertheless is a part of the course of deposition.

## DESCENDENCE

It should be taken into consideration that after such an event the brine above the sea bottom is no longer normal seawater, not even more or less concentrated seawater. It is overnourished with the redissolved salt, with NaCl in our case. The following precipitate, built from this superhalitic

brine, should therefore be superrich in NaCl compared with a sediment of normal, even saturated, seawater. For that reason, we expect, and also find an extremely pure halite, above the anhydritic or marly "hardground" as a sediment of reprocessing events. After the consumption of the surplus of NaCl in the brine, normal deposition continues (Fig. 1, conditions 3a and b).

This has been recognized about 70 years ago, and the process was called "descendence" by Everding (1907). The first sediment above the hiatus is a "descendant" halite. It can also be called a refinery product. Below, we do not only find a supernormal rate of impurities due to the selective leaching of NaCl, but in addition, the primary *even bedding* of the halite has been *fundamentally disturbed or totally destroyed*, and *vertical structures* have been *produced* which we want to consider.

## SEDIMENTARY GAPS IN THE PERMIAN SALT OF HUTCHINSON

Exceptionally marked planes out of the normal bedding occur in all sedimentary sequences. They generally indicate a time of lack of sedimentation where "nothing happened". Comparable seams can also be observed in rock salt deposits. In the Permian Salt of Hutchinson, Kansas, USA, in the Lyons Mine, the normal bedding is interrupted by some very typical marker beds (Fig. 2).

These beds show that, sometimes during the deposition, there are also pauses in precipitation, and that a gentle corrosion affected the last-formed sediment, causing a minia-

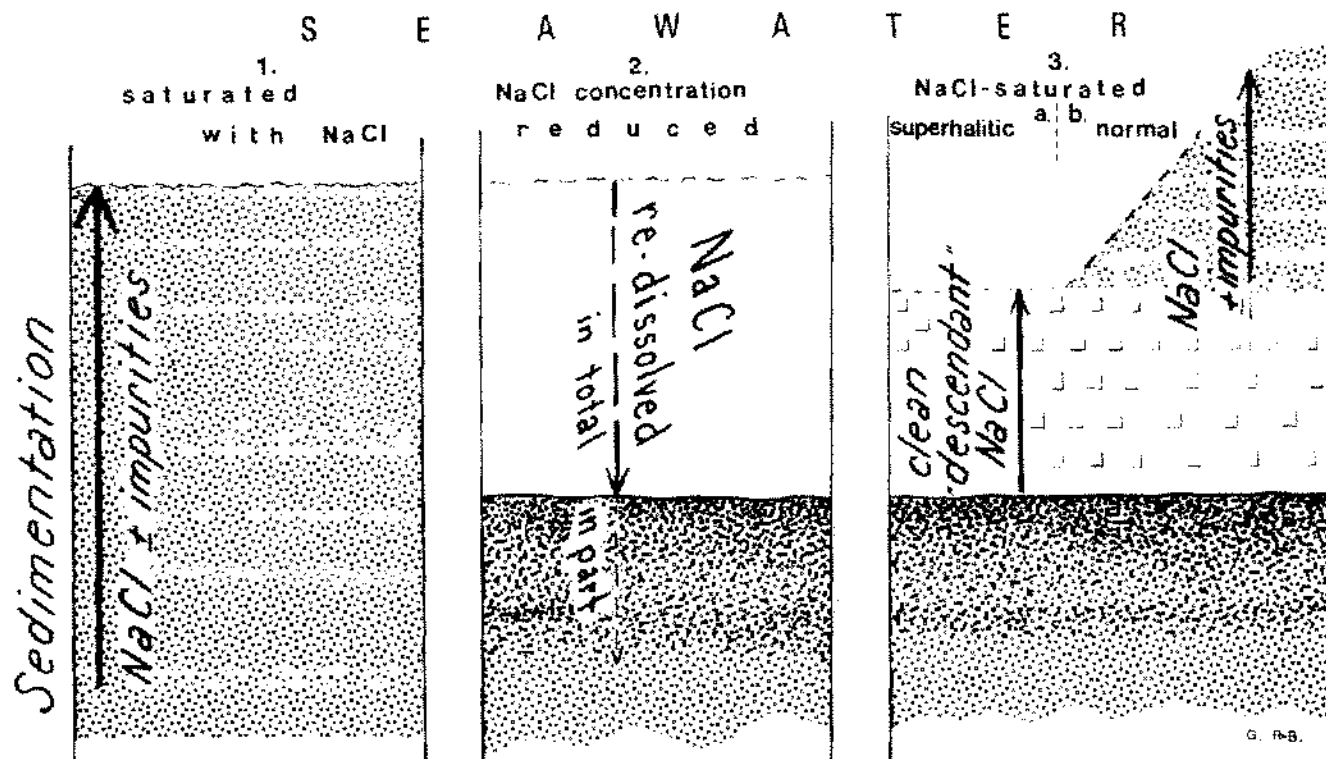


Figure 1. Development of "descendant" halite by redissolution. 1) Normal salt sedimentation from saturated sea water. Condition 2) total and/or selective redissolution of NaCl by sea water of reduced concentration. 3a) Redeposition of "descendant" pure salt from superhalitic brine, and 3b) continuous sedimentation by sea water of normal concentration, as before.

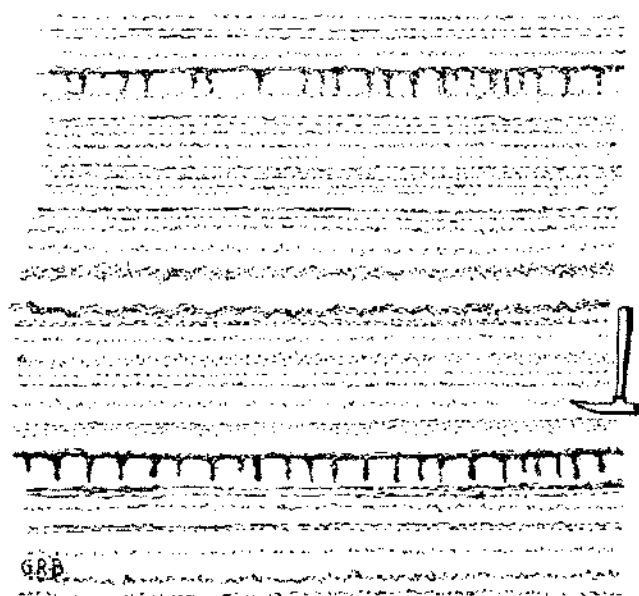


Figure 2. In a normal sequence of white halite which is bedded by anhydritic impurities, two particular beds of 10 and 15 cm thickness occur where vertical incisions from above are filled with dark halite and anhydritic marl. Permian Salt in Lyons Mine, Hutchinson, Kansas.

ture karst on the ground before it was covered by the next deposit.

In the neighboring mine "Kanopolis", rough wedges cut about 25 cm deep into a well-bedded halite. The wedges are filled with gray clay, and are covered by a very clean, coarse-crystalline salt. On the horizontal plane, visible in the roof, these wedges form a polygonal pattern (Fig. 3a, b). See also Dellwig (1972).

Also this object shows the activity of brines of reduced concentration, producing a lack of precipitation and occurrence of corrosion of the last-built deposit.

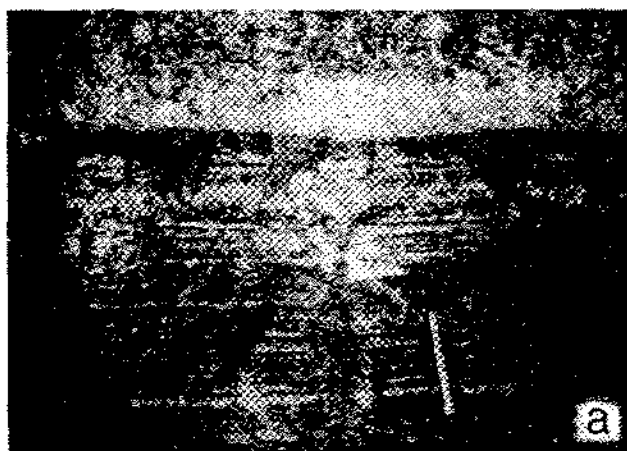
#### "NETWORK" IN THE SCHWADENSALZ OF GERMAN ZECHSTEIN 3

Another example may be taken from the "Schwadensalz" in NW-German Zechstein 3 theta. There one observes a series of 5 hardground horizons, that means dirty halite members, each of which is overlain by extremely clean rock salt of descendant origin. All of these 10 significant members have been proven to be stratigraphic marker beds which can be traced through this part of the Zechstein basin which is known in NW-Germany (Herde 1953; Richter-Bernburg 1972, Fig. 9, p. 39; Es-Said, 1974). In some of the "dirty" zones, a very particular structure occurs, generally called a "network".

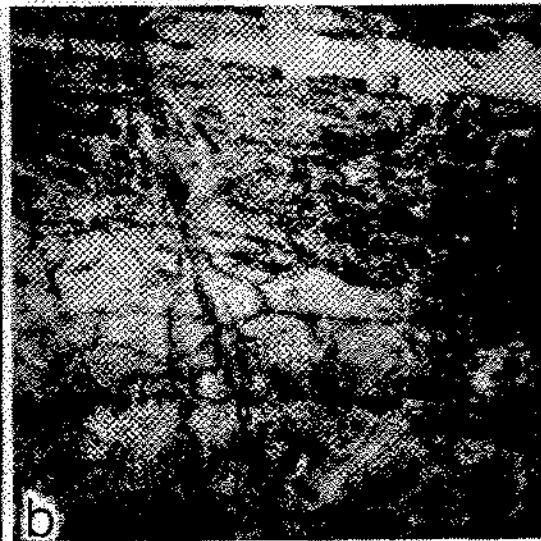
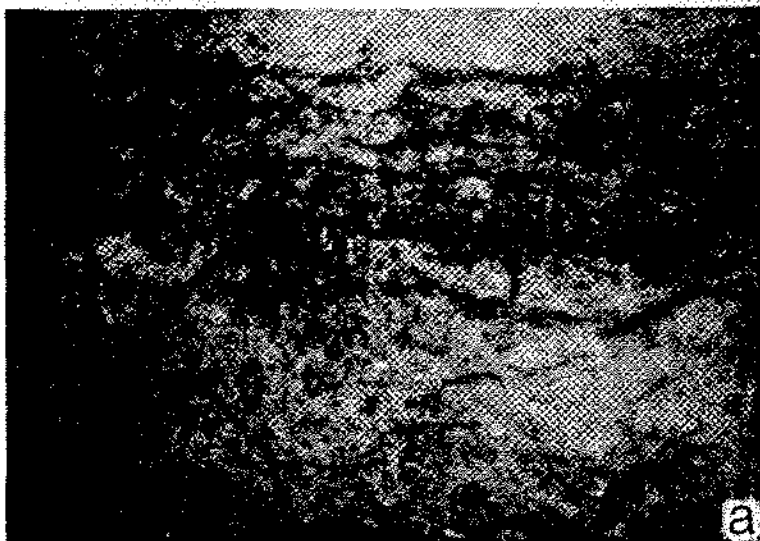
Namely, the impurities of the rock salt don't appear diffuse but are concentrated into dark stripes. These stripes form a polygonal pattern on the horizontal plane whereas, in vertical exposures, they run downward from the top of the zone, like roots of 20–60 cm length. The whole has the shape of palisades, as shown in Figure 5. The presence or absence respectively of the network in the dirty zones is a clear stratigraphic feature. The whole structure, aberrant from the normal type of bedding, shows a clear relationship with, or the result of intraformational pauses in precipitation, connected with redissolution events.

#### FUNDAMENTAL RECRYSTALLIZATION IN THE MUSCHELKALK-SALT

A certain similarity in principle is shown by some phenomena which are typical for the rock salt deposit of the Middle Muschelkalk in SW Germany. Together with Schachl (1954) we note that there is also a palisade structure, not very different from the shape described above. In the Muschelkalk-Salt too, the impurities of anhydrite, dolomitic marl etc. appear concentrated into more or less vertical dirty stripes. These are also obvious in vertical sections, i.e. in the walls of the mines, whereas an irregular



**Figure 3.** Clay wedges, cutting into a normal halite sequence, are overlain by a clean, descendant halite a). The wedges have a polygonal pattern, to be seen in the roof b). A similar photo has been published by Dellwig, 1972, p. 59, but there it is printed in a wrong position and causes misinterpretations. Permian Salt Mine "Kanopolis" near Hutchinson, Kansas.



**Figure 4.** Schwadensalz in German Zechstein 3 theta. Mines near Hannover. a) "Dirty" zone (= hardground) with roots of dark impurities. Nearly vertical section, about 1.5 m high. b) "Network" of impurities, visible in the lower part of the picture by oblique section, almost in the bedding plane. Photo about 2 m high.

network or polygonal pattern is visible in horizontal exposures as on the ceiling of the mining rooms (Fig. 6b).

This palisade structure concerns a rock salt member of 12–20 m thickness the origin of which is of particular interest. For, a primary well-bedded halite has been transformed later into this coarse-crystalline, massive salt rock which is called "Lower Salt" by the miners. It can be observed on the exposures that this transformation and recrystallization happened from the roof towards the bottom of the deposit like a kind of digestion of the originally well-bedded material.

The vertical palisade structure of the Lower Salt is cut at its surface by a sharp unconformity, and is covered by

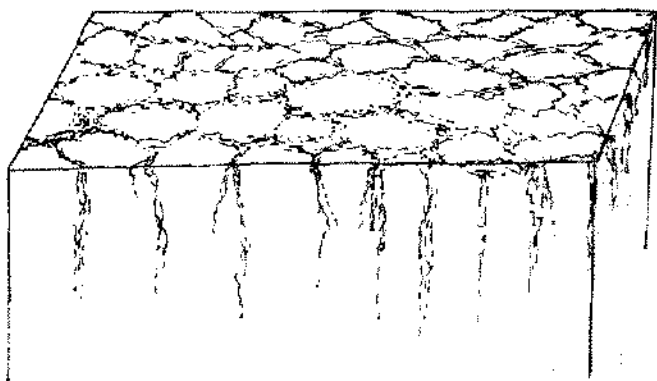


Figure 5. Model, showing the arrangement of the impurities in rock salt palisade structures.

clean, plane-bedded halite, called "Bändersalz", which doesn't show the least secondary alteration (Fig. 6a). It is obvious that these events of fundamental recrystallization and of overbedding were syngenetic processes. That coincides with the fact that the same feature occurs everywhere in the Muschelkalk Salt where it can be observed between the Elbe river and Switzerland, i.e. in an Area of about 500 km length. That means that a large part of the basin was simultaneously concerned.

One other phenomenon has to be mentioned. The plane of unconformity between Bändersalz and Lower Salt, in some places shows deep, bowl-like holes of 20 to 50 m diameter and around 15 m depth. And the filling Bändersalz marks slumping movements towards the center of these bowls. Somewhat higher, the bedding is equalized again, but there are at least 2 generations of these holes (Fig. 7). Thus, it must be assumed that the hiatus in deposition took quite a long time. Anyway, the similarity with karstic phenomena is undeniable, though the solution activity surely happened in a submarine environment. Here it may only be mentioned that there are reasons for the presumption that, in some areas, the whole mass of the Lower Salt has been removed by these intraformational events.

#### "ROOTS" IN THE KEUPER SALT OF CHESHIRE

Now we come to a problem which is also observed in a Triassic salt deposit. The rock salt of Keuper (Upper Triassic) in Cheshire, U.K. is well exposed in the Meadow Bank

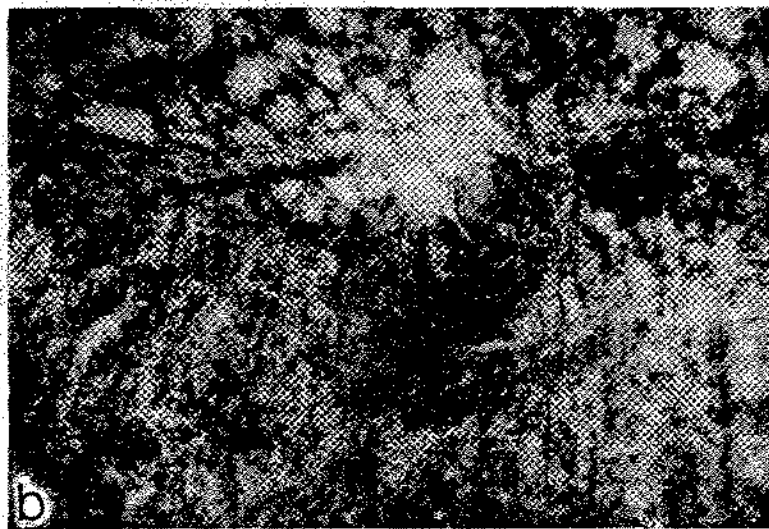


Figure 6. Muschelkalk-Salt near Heilbronn, SW-Germany. a) Lower Salt with vertical stripes of impurities, fundamentally recrystallized and covered by an unconformably deposited, well-bedded halite. b) The palisade structure of the Lower Salt. The roof, visible in the upper part of the photo, shows the polygon pattern; the wall, in the lower part of the picture, shows the vertical stripes.

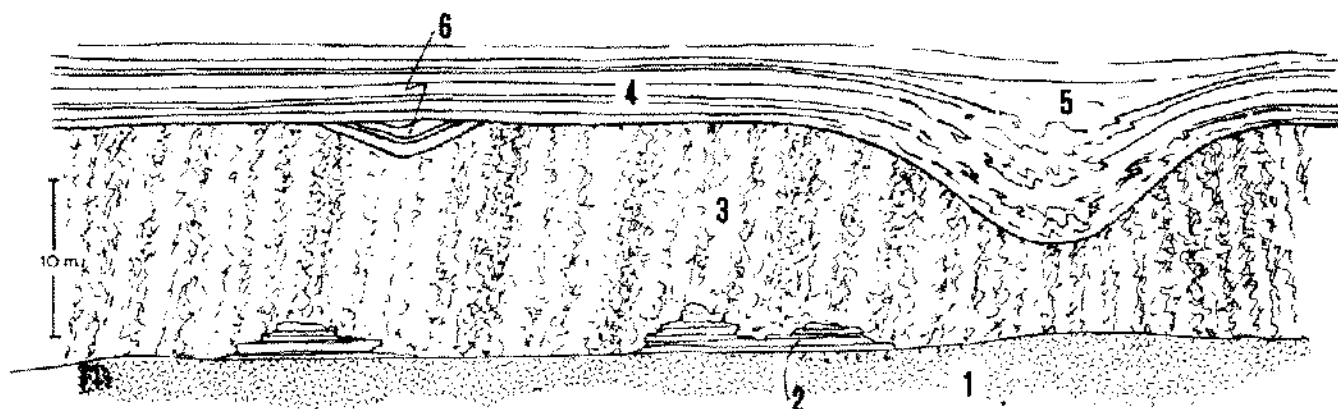


Figure 7. Schematic section through the rock salt deposit in the Muschelkalk of Heilbronn. 1) anhydritic base, 2) primary well-bedded halite, preserved in rudiments, 3) Lower Salt, by recrystallization transformed from 2, 4) Bändersalz, unconformably covering the Lower Salt, 5) bowl-formed hole, slumping of Bändersalz, 6) similar hole of higher age. (See also Richter-Bernburg 1978, Figure 10).

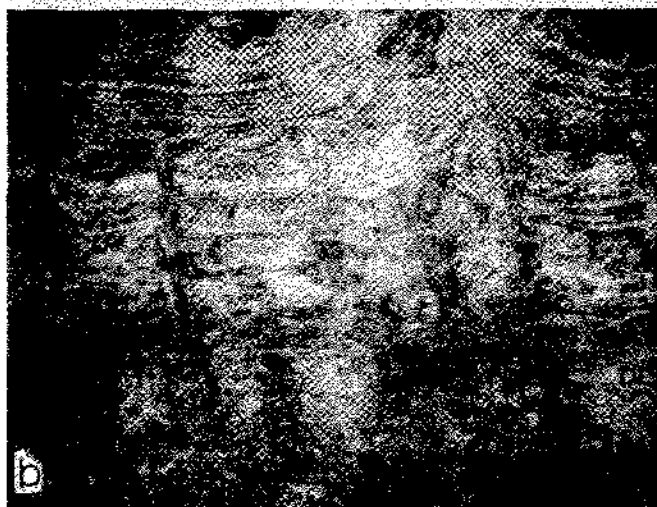
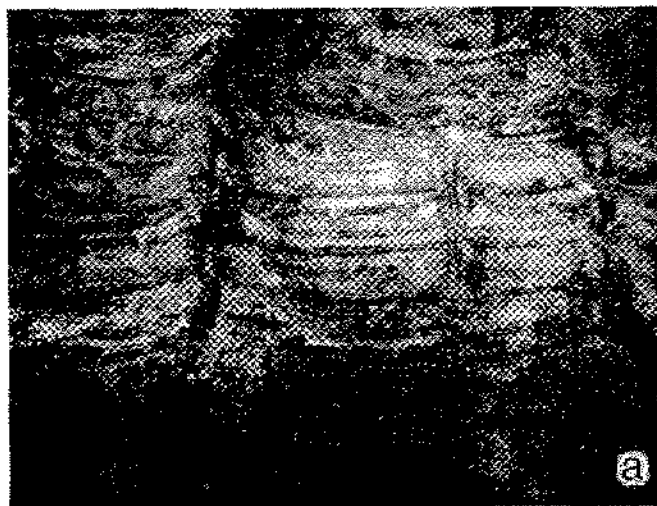
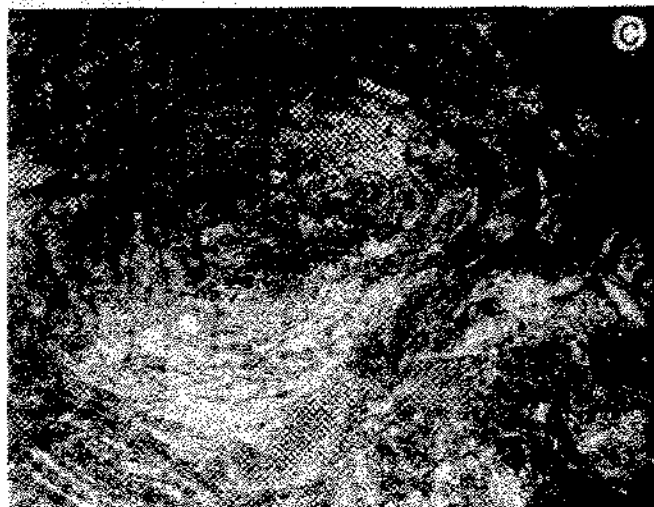


Figure 8. The "Root" structures in the Keuper Salt of Cheshire, U.K. a) and b) Walls of mining rooms. More than 4 roots of an older generation can be distinguished. They are cut by an unconformity and followed by well-bedded halite. Two roots only (most left and most right) belong to the younger generation of roots. c) The roof. Large polygons and their connection with the younger roots, to be seen in pictures a/a.



Mine. The salt there shows a normal horizontal, though irregular bedding of halite with brownish marly impurities. This plane structure is roughly interrupted by almost vertical incisions. These forms, at a distance of 2 m or less from each other, start near the ceiling of the mining rooms and reach downward, almost vertically, nearly to the base. With a length of 4–6 m they look like big roots. The interior of these incisions is also filled with salt, and this shows a kind of bedding which goes parallel to the vertical border. That looks like glove fingers sticking into one another. Two generations of these roots can be distinguished. The older generation is cut by an unconformity formed everywhere in the same stratum, and is covered by normal, well-bedded halite. The younger roots, reaching farther up, can be followed to the ceiling of the rooms. There they form (together with their brothers) a large network, each unit of which has a diameter of a few meters (Fig. 8).

Altogether we can state that the structure of *vertical pillars* or *palisades* and the *polygonal pattern* are represented here also, although on a different scale. The cardinal difference from the Muschelkalk salt, described above, is the lack of any recrystallization in Cheshire Keuper. On the other hand, we find some similarities with shapes visible in the Schwadensalz of Zechstein 3 in NW-Germany, mentioned before. This salt shows also vertical roots of some meters length, consisting of clean descendant halite, which reach down from a pure zone into a dirty horizon. The borders of these roots are also sharp like in Cheshire, though they are not stratified like there (Fig. 9).

### SUMMARY AND PROBLEM

In summary, we observe strange vertical structures in well-bedded rock salt deposits of different stratigraphic age and different tectonic position. The relationship of the various facts is obvious. The common phenomenon in all cases is a *pillar* or *palisade structure*, i.e. the arrangement of the

impurities into a) vertical stripes and into b) a horizontal network or polygon pattern. Recrystallization may be fundamental or almost missing. In all cases the whole is unconformably covered by well-bedded halite of primary depositional shape. Though the details of the feature are different, the principle is very similar.

As far as the *reason* for the origin of these remarkable structures is concerned, a degradation of the mother brine, i.e. a reduction of the concentration, may be the main factor. The result was a redissolution, total or selective, of the last formed sediment. That means, we can see this event as a submarine karstic process, connected with total dissolution and/or fundamental recrystallization. In any case, all these things belong to the early diagenesis.

The main *problem* is the genesis of the polygon structures. Any drying effect, producing a kind of mud cracks, can be excluded with respect of the vast lateral extent during a short geological moment, and also with respect of the length (= depth) of the roots, which is 6–10, even 15 m. Besides, all other facts speak for permanent water cover. But, looking for comparable shapes we find basalt or other volcanic columns formed by cooling, or perhaps a similar pattern in a new-frozen ice cover of a lake (Fig. 10). We may everywhere note a shrinking act. However, if drying and cooling are out of the question as we may maintain, what kind of power may be responsible for the palisade structures in rock salt deposits of considerable thicknesses? I am afraid that we find no more satisfying explanation than for the basalt columns.

### DISCUSSION

H. Borchert.

**Comment.** Einigkeit besteht bezüglich des Sachverhalts, dass sich auch im Salzlager des Mittleren Muschelkalks und angrenzenden Gebiete von Frankreich und der Schweiz sehr intensive Rekristallisationsprozesse abgespielt haben. Harte Gegensätze gibt es jedoch betreffs der Frage, wann und im Gefolge welcher

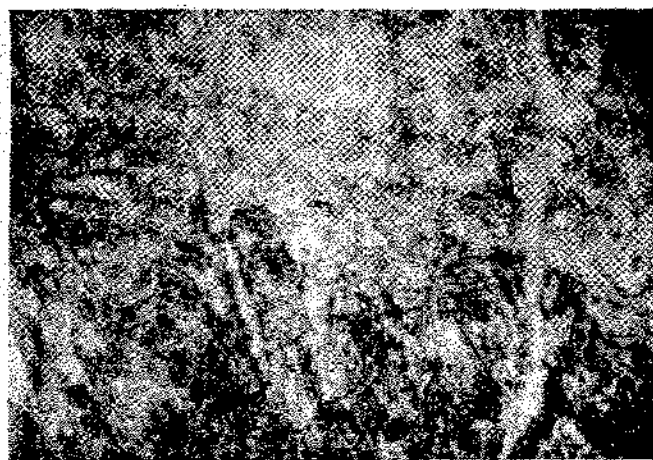
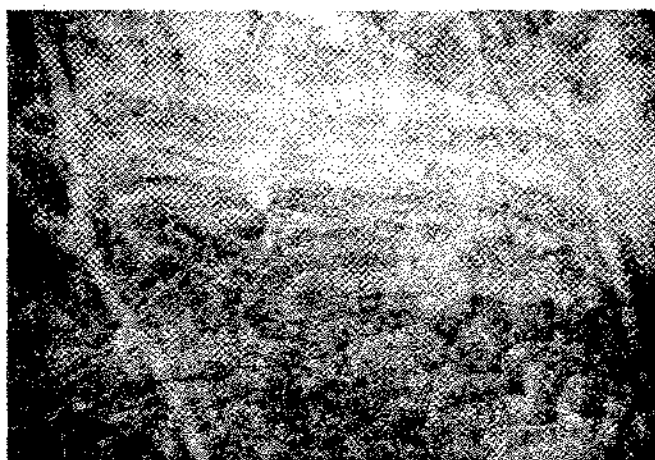


Figure 9. "Roots," filled with descendant clean halite, reaching about two meters into a "dirty zone" (= hardground) of the Schwadensalz, Zechstein 3 theta, NW-Germany.



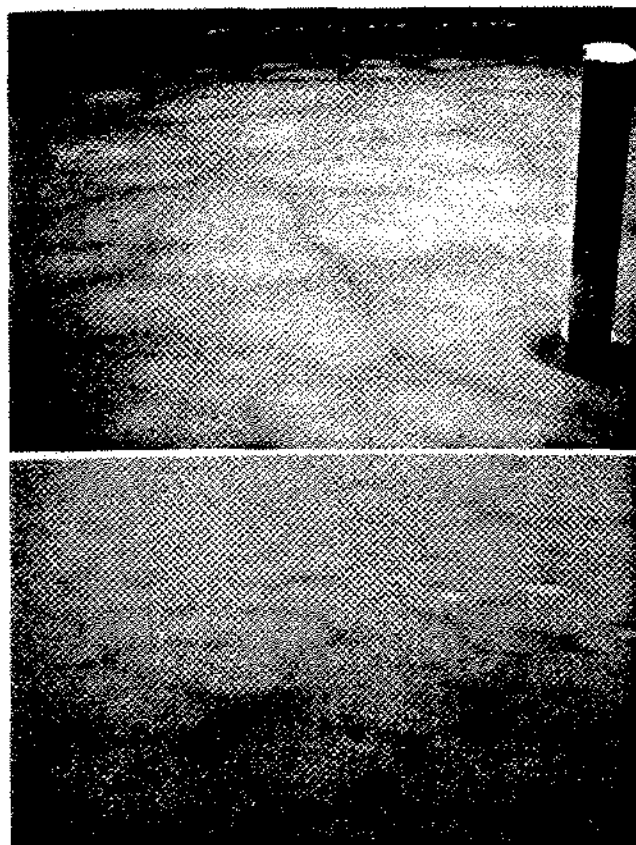


Figure 10. Polygonal pattern in a new-frozen ice cover of a shallow lake, Maschsee, Hannover.

Vorgänge sich diese Rekristallisation sowie die Entwicklung der heute beobachteten größeren Strukturen und feineren Gefüge vollzogen hat. Herr Richter-Bernburg möchte hauptsächlich Deszendenzprozesse für die Umlösungen und für die Ausbildung von recht reinem Steinsalz mit oft cm- bis dm- grossen Körnern verantwortlich machen.

Ähnlich grob kristallisierte NaCl-Gesteine etc. haben in vielen Salinarformationen weltweite Verbreitung. Sie werden von der Mehrzahl der Autoren bis heute vielfach als quasi-synsedimentär, "diszident" (ähnlich wie früher um 1907 Everding) oder schliesslich auch als spätestens diagenetisch entstanden gedeutet. So erklärt werden auch zahlreiche grob rekristallisierte Salzgesteine in deutschen und ausserdeutschen Lagerstätten des Zechsteins und anderer Formationen. Wesentliche Beeinflussung der Laugenwanderungen durch tektonische Prozesse soll dabei angeblich meist nicht bedeutsam gewesen sein.

Demgegenüber ist von R. Kokorsch für das Stassfurt-Kalilager von Hildesia-Matthildenhall zwingend nachgewiesen worden, dass intrakrustal mobilisierte und reduzierend wirkende Laugen z.B. für die Entwicklung von grau gefärbten langbeinigen "Tetraeder-Zonen" verantwortlich zu machen sind. Die Langbeinkristalle können hierbei in idioblastischer Form auch cm- bis dm-Grösse erreichen. Wahrscheinlich gemacht hat R. Kokorsch, dass es sich um aufsteigende (und nicht deszendente) Laugen gehandelt hat, die rheinisch streichende tektonische Zerrüttungs-zonen zum Aufstieg benutzt haben. Sie dürften letzten Endes auf "Erdöl-muttergesteinswässer" und auf Lösungen aus den vielfach bitumi-

nösen und anhydritischen Liegendsschichten des Stassfurt-Steinsalzes zurückzuführen sein. Im grossen reicht die Umkristallisation (einschliesslich Ummineralisation) und die fazielle Differenzierung des Stassfurtlagers von Carnalliten— heute besonders in herzynisch streichenden Zonen— über kieseritische und langbeinitische Hartsalze bis zu halitischen Totalvertaubungen, die regional bevorzugt in rheinisch streichenden SSW-NNO-Zonen vorkommen.

Radioaktive Altersbestimmungen an Langbeiniten des Stassfurt-Kalilagers durch F.-P. Oesterle und durch DDR-Autoren haben in neuerer Zeit nachgewiesen, dass die Bildung und Entwicklung grobkristallinidomorpher Langbeinite  $n.10^1$  bis über  $10^2$  Millionen Jahre jünger ist als zechsteinzeitliche Sedimentationsprozesse, mögliche Deszendenzen oder auch diagenetische Prozesse. Das Festhalten an alektonisch begründeten,  $\pm$  zechsteinzeitlichen Vorstellungen für derartige Re- und Umkristallisationsprozesse erscheint mir daher ziemlich unverständlich.

Dass intrakrustal-tektonische Beanspruchung, welche die Salzgesteine schon in einem Zustand mit den gegenwärtigen Festigkeitseigenschaften betroffen haben muss, eine entscheidende Rolle gespielt hat, wird auch durch die gründlichen Untersuchungen der Fazieswechsel und Rekristallisationsprozesse im Verband des Ronnenberg-Kalilagers im Werk Salzdetfurth durch G. Siemeister klargestellt. Scharfe und vielfach senkrecht zur Schichtung durchsetzende und mit grobkristallinem Steinsalz etc. gefüllte Spalten mit oft dm-Mächtigkeiten— ganz ähnlich den hervorragend schönen, von G. Richter-Bernburg gezeigten Bildern aus den Neckar-Muschelkalk-Salzen— demonstrieren in beiden Fällen die grosse Bedeutung post-diagenetischer, intrakrustal-tektonischer Prozesse.

Vergleichbare rein umkristallisierte Steinsalzmassen etc. finden sich im Werk Salzdetfurth aber nicht nur in  $\pm$  vertikalen Spalten, sondern auch längs schichtparalleler "Aufblätterungsfugen", oft in Stärke von 1 - 3 Dezimetern, sodass diese von Sydow als angebliche "Innerste Leitbänke" gedeutet werden konnten. Viele der hierbei beobachteten Grob- und Feingefüge sind jedoch durchaus mit denen der Muschelkalksalzgesteine vergleichbar.

Alle derartigen Erscheinungen sollten aber die Unwahrscheinlichkeit von synsedimentären oder auch deszenten Erklärungsversuchen erkennen lassen. Bei den Zechsteinlagern spielte die seit dem späteren Mesozoikum hauptsächlich in jurassisch-kretazinischer Zeit einsetzende "Salzkissenbildung" (vgl. Trusheim, Sannemann) eine bedeutsame Rolle, vor allem aber der später stärker werdende Wiederaufstieg der Salzmassen, der zwangsläufig mit dominierend dehnender Beanspruchung gekoppelt ist. Hierbei konnte es bei entsprechender Temperaturabnahme aus den intrakrustal wandernden Laugen zur Wiederausscheidung von NaCl etc. in Spalten-, Kluft- und Aufblätterungsfugen kommen. Die hierbei entstehenden Gefüge sollten durchaus mit denen der Muschelkalksalze verglichen werden können.

Im Falle des Werkes Salzdetfurth hat G. Siemeister die Herkunft der—im Ronnenberglager umkristallisierend wirkenden— Lösungen aus der Anhydritmittel-Zone nachgewiesen, also deren Herkunft aus dem geologischen Hangenden. Die mit grobkristallinen Salzen gefüllten Spalten bilden in diesem Falle öfters ähnliche Gebilde wie die "Wurzeln" der Neckarsalze (im Sinne von G. Richter-Bernburg). Das schon in den grundlegenden Untersuchungen von E. Schacht festgestellte polygonale Netzwerk von meist  $\pm$  vertikalen "Schmutzstreifen" ist m.E. als System von "Absinkbahnen" innerhalb des primär stärker von tonigen Jahresringen durchsetzten Salzes zu sehen. Bewiesen wird dies u. a. auch

durch vielfach grössere, dabei aber unregelmässig verteilte Ansammlungen von Tonmassen am Liegenden des im Raum um Heilbronn hauptsächlich abgebauten Salzes. In der kritischen Phase der Herausbildung der hier dominierenden Gefüge und Erscheinungen muss das jetzt meist ± massig entwickelte Abbau-salz stärkstens von Laugen durchtränkt gewesen sein. Dabei ist eine Altersbeziehung klar und wichtig: Die tonigen "Absinkbahnen" sind älter als die angeblich völlig "atektonischen" Aufwölbungen des Liegenden, weil die Schmutzstreifen in den Kontaktzonen der Buckel öfter typisch umgebogen erscheinen.

Für die Zechsteinsalze liegen die wichtigsten Re- und Umkristallisationsprozesse ca. 100 Millionen Jahre nach dem primären Absatz sowie möglichen Deszendenz etc. im Sinne von Everding, Richter-Bernburg und anderen Autoren.

Die Entwicklung von oft ähnlichen Grob- und Feingefügen in den Muschelkalksalzen hat sich laut Vorträgen von L. Hauber (1-08) und H. Wild (1-31) über "lange Zeiten"—also doch wohl auch bis in die Größenordnung geologischer Zeiten—erstreckt. Ueber das genaue Alter der bedeutsamsten Rekristallisationsprozesse gibt es aber in diesem Falle der Salzmassen des Mittleren Muschelkalkes leider keine exakten Daten, weil Kalium-Mineralien für radioaktive Altersbestimmungen fehlen. So können viele Erscheinungen und genetischen Prozesse heute noch keine endgültige Erklärung finden.

**Answer.** Herr BORCHERT geht auf die von mir behandelten Tatsachen nicht ein, sondern entwickelt in großer Breite seine bekannten Grundsatzvorstellungen, die zwar als solche durchaus diskussionswürdig sind, sich aber leider weit von dem hier besprochenen Thema entfernen.

Die Frage ist doch hier nicht, ob und wo überall es grobkristalline Salze gibt. Auch mir sind die m'-großen und noch ausgedehnteren Grobkristall-Nester im Heilbronner Muschelkalk-Salz natürlich bekannt. Man fällt ja geradezu darüber. Nur sind sie klar viel jünger und ganz anderer Entstehung als die hier zur Debatte stehenden Strukturen. Es wäre ein Fehler, beides in einen Topf zu werfen. Was als Erscheinung von jüngeren Ereignissen zugedeckt wird, ist nun einmal älter—eine Binsenweisheit der historischen Geologie, die man nicht vergessen darf. Wenn man gar die dargestellten Fakten mit Erscheinungen in verschiedenen Kalisalzen vergleicht, die damit rein gar nichts gemein haben, dann hat man mich wohl—vielleicht akustisch—überhaupt nicht verstanden, was ich sehr bedaure.

Robert Kuehn

**Comment.** Die Untersuchung des Bromgehalts in unmittelbar nebeneinander liegenden hellen und dunklen Streifen aus dem Unteren Salz von Steinsalzwerken Stetten und Friedrichshall/Kochendorf, hat ergeben, dass der Bromgehalt in den dunklen Streifen stets etwas höher ist als in den hellen (beispielsweise in Friedrichshall/Kochendorf in hellen Streifen 0,0028-0,0029, in den dunklen 0,0030-0,0036 Gew.-% Br pro 100 NaCl). Dieser Befund ist wohl derart zu deuten, dass die Mutterlaugen des Kristallisats der dunklen Streifen etwas konzentrierter gewesen sind, also wahrscheinlich lateralsekretionäre Laugen aus der Matrix gewesen sind; aber keinesfalls können es verdünnte Lösungen gewesen sein, wie sie sich etwa aus dem freigesetzten Kristallwasser eines Uebergangs Gips → Anhydrit ergeben hätten.

**Answer.** Ich danke für den Beitrag zum Problem.

Ioanni Grigoriadis.

**Comment.** Die Interpretation der polygonalen Strukturen in den Halitgesteinen als Trockenrisse bestätigt uns heute die Natur selbst. Die in unserer Zeit vorhandenen Salzseen geben uns Beispiele von polygonalen Strukturen im Salz, die dem Austrocknungsprozess zuzuschreiben sind. Die Trockenrisse bieten wiederum dem ungesättigten (aggressiven) Wasser gute vertikale Angriffsflächen an, sodaß solche Verdauungsgänge entstehen, die oben breiter sind, während sie nach unten schmaler werden, bis sie schließlich ausklingen. Dieses Phänomen ist eine Folge des fortschreitenden Sättigungsgrades der Lösung, welche damit ihr Auflösungsvermögen damit verliert.

**Answer.** Polygonale "Trocknungsrisse" in rezenten Salzablagerungen sind in vielen Publikationen abgebildet. Auch mir sind aus vielen natürlichen Salzseen und Becken von Meeres-salinen solche Polygonalstrukturen sehr verschiedener Größe bekannt. Lösungsvorgänge können natürlich einer Anlage von Rissen abwärts folgen. Es ist Herrn Grigoriadis zuzustimmen, daß sie dabei durch allmähliche Aufsättigung nach unten an Wirksamkeit verlieren. Schon deswegen erscheint es also fraglich, ob sich Spalten allein durch Salzauflösung mehrere Meter nach unten hin verlängern können. Leider ist es bei den rezenten Ablagerungen technisch unmöglich, den Spalten abwärts mehr als wenige dm zu folgen. Übrigens habe ich, ebenso wie Herr Grigoriadis diese Spalten zunächst—sozusagen "selbstverständlich"—für Trocken-risse gehalten. Es ist aber offensichtlich, daß sie auch unter Wasserbedeckung entstehen. Wenn sie also nicht unbedingt Trockenrisse darstellen, so gehen sie doch anscheinend auf Schrumpfungsvorgänge zurück. Aber welches ist die Ursache für die "Schrumpfung"? Die Frage wird damit noch verwickelter, daß das Polygonalsystem keineswegs immer aus Spalten sondern oft aus kleinen (bis etwa 3 cm hohen) Wällen besteht, also aus Falten, in denen sich also nicht Volumen-Verminderung sondern Volumen-Vermehrung abzeichnet.

## REFERENCES

- Dellwig, L.F. 1972. Primary sedimentary structures of evaporites. *Geology of Saline Deposits, Sympos. Hannover 1968*, 53-60. UNESCO, Paris 1972.
- Es-Said, S.I. 1974. Brom-Untersuchungen zur Genese des Schwadensalzes (Zechstein 3) *Geol. Jb. D.6.* 3-59. Hannover.
- Everding, H. 1907. Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze. In: *Deutschlands Kalibergbau*, Kgl. Geol. L.A., Festschrift Eisenach. 25-133. Berlin.
- Herde, W. 1953. Die Riedel-Gruppe im zentralen Teil des nord-westdeutschen Zechstein-Gebietes. *Dissrt. Göttingen*.
- Richter-Bernburg, G. 1955. Über salinare Sedimentation. *Z. deutsch geol. Ges.* 105: 593-645.
- . 1972. Sedimentological Problems of saline deposits. *Geology of Saline Deposits, Symp. Hannover 1968*. 33-39., UNESCO, Paris.
- . 1968. Salzlagerstätten. In: *Bentz, A. Lehrb. d. Angew. Geol.*, II, 1. 918-1059. Stuttgart.
- . 1978. Einflüsse progressiver und rezessiver Salinität auf Entstehung und Strukturformen von Salzgesteinen. *Jber. u. Mitt. d. oberrhein. geol. Ver.*, N.F. 59: 273-301. Stuttgart.
- Schachl., E. Das Muschelkalksalz in Südwestdeutschland. *N. Jb. Geol. u. Paläont., Abh.* 98(3): 309-394. Stuttgart.