download www.zobodat.at

Über alte und neue Pseudomorphosenbildungen aus dem Stubensandstein des Strombergs (Mittlerer Keuper).

Von **Otto Linck**, Güglingen.

Mit 9 Abbildungen.

Während das verhältnismäßig häufige Vorkommen von besonders groß und schön entwickelten Sandsteinpseudomorphosen nach Steinsalz (NaCl) im Stubensandstein (Km 4) des Strombergs schon längere Zeit bekannt ist, stellen die im zweiten Teil dieses Aufsatzes beschriebenen Pseudomorphosen nach Kalkspatkristallen und Gips eine Neuentdeckung dar, die bis jetzt nicht nur im Strombergstubensandstein selbst, sondern in der ganzen Stubensandsteinstufe Württembergs kein Analogon hat. Es mag aus diesem Anlaß wünschenswert sein, einmal die ganzen Pseudomorphosenbildungen des Strombergstubensandsteins zusammenfassend zu betrachten.

Der paläogeographische Raum, in dem die in Frage stehenden Schichten des Mittleren Keupers entstanden sind, wird nach geltender Ansicht als weitgedehnte, im wesentlichen festländische Sammelmulde aufgefaßt, in der vom Vindelizischen Gebirge her die Sedimentation vom groben Schutt über Sand und Ton zum übersalzten Beckeninnern erfolgte. Das Klima wechselte zwischen den niederschlagsreichen Zeiten der Sandvorstöße und trockeneren Perioden, in denen das feinklastische Material abgelagert wurde; es ist als allgemein kontinental, aber wohl nur vorübergehend als „arid" anzusprechen. Eigentlich aride Verhältnisse dürften damals nur im Beckeninnern geherrscht haben. Der Stubensandstein des Strombergs, für dessen stratigraphische Untergliederung der Einteilung Vollraths gefolgt wird, bildet in der angedeuteten großen Faziesfolge als Bindeglied zwischen der mittleren und äußeren Keuperzone Thürachs geradezu „den Schlüssel für das Verständnis des südwestdeutschen Keupers" (Vollrath, 1928). Seine Mittelstellung zwischen der sandsteinreichen Ausbildung im mittleren und nordöstlichen Württemberg und dem sandsteinarmen Steinmergelkeuper des Kraichgaus läßt Einblicke in die Entstehung dieser Keuperablagerungen zu, die sonst verschlossen sind; es ist wahrscheinlich, daß in dieser Sonderstellung auch die Entstehung der verschiedenen Pseudomorphosen begründet ist.

1. Die Pseudomorphosen nach Steinsalz.

Allgemein sei vorangestellt, daß es sich bei den beschriebenen Formen durchweg um echte „Ausfüllungspseudomorphosen" handelt, im Gegensatz etwa zu den bekannten „Sandkalzitkristallen" aus dem Heidelberger Buntsandstein (Strasser, 1907) oder aus dem tertiären

download www.zobodat.at

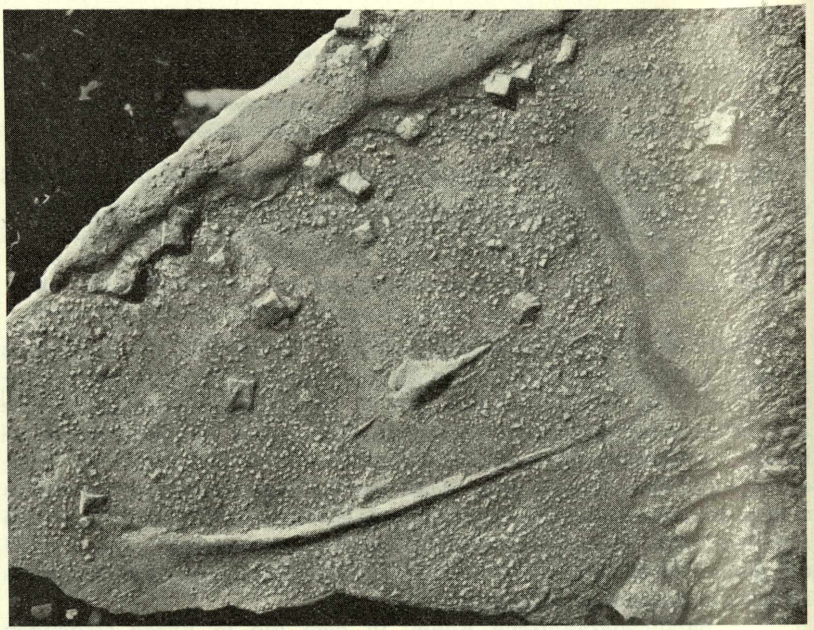

Abb. 1. Zwei Generationen von Steinsalz-Pseudomorphosen; Rippeln, Windspur.

Sand von Fontainebleau; d. h. das ursprünglich kristallisierte Mineral ist aufgelöst und weggeführt worden, die Hohlform der Kristalle hat sich im Ausguß von stofflich der Kristallform fremder Zusammensetzung erhalten. Das ausfüllende Material ist in den vorliegenden Fällen stets feiner Sand, der heute zu Sandstein verfestigt, zum Teil auch verkieselt ist. Die Pseudomorphosen finden sich regelmäßig an der Schichtunterseite der Sandsteinlagen, also an der Schichtgrenze Sand/Mergel (Ton); nur dieser Wechsel des Sedimentationsmaterials gab die Möglichkeit, die ursprünglichen Kristalle in Form von Pseudomorphosen zu konservieren. Diese Erhaltung ist ein Sonderfall; die Mehrzahl einstiger Kristallbildungen dürfte verloren gegangen sein. Die heutige Begrenzung der Sandsteinscheinkristalle gibt somit die Unterseite der ursprünglich vollplastischen Kristallkörper wieder, während deren einstiger oberer Teil, sofern er nicht schon ursprünglich durch Anwitterung oder beginnende Auflösung angegriffen war, im überlagernden Sandstein aufgegangen ist.

Das reiche Vorkommen von Steinsalz-Pseudomorphosen im Stubensandstein des Strombergs erwähnt erstmals Lang (1909 und 1910); ebenda weist derselbe Autor auch auf die erstaunliche Größe hin, die diese Bildungen hier erreichen können (bis 5 cm Kantenlänge!). Die Lage der NaCl-Pseudomorphosen im Stromberg wurde aber bisher noch nicht horizontiert angegeben; tatsächlich finden sich Steinsalzkristalle im Stromberg ausschließlich im unteren Drittel der Stubensandstein-

download www.zobodat.at

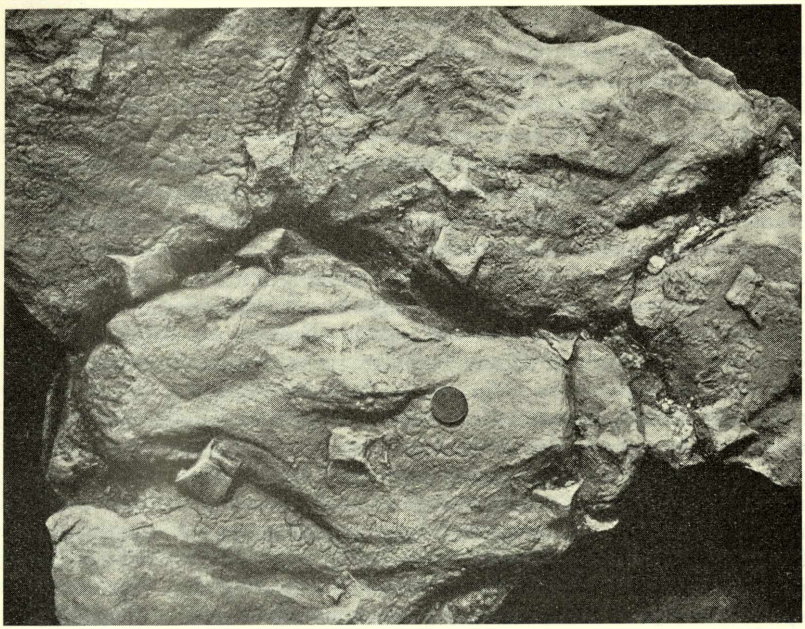

Abb. 2. Große, zum Teil verschobene Steinsalz-Pseudomorphosen; Fließerscheinungen, Schlammrisse.

stufe, im „Unteren Stubensandstein" Vollraths und noch im „Mittleren" bis zu der bekannten „Ochsenbachschicht". Der I. Sandsteinhorizont weist petrographisch in seinen tieferen Lagen überhaupt kieselsandsteinartiges Gepräge auf; NaCl-Pseudomorphosen finden sich aber auch noch höher an schwächeren Sandsteineinlagerungen und fehlen nur dem Hauptwerkstein des Horizonts. Die wohlausgebildetsten und größten Steinsalz-Pseudomorphosen treten, wie auch schon Lang hervorhebt, an einer feinkörnigen Sandsteinlage über den Orten Spielberg und Ochsenbach auf, die etwa 1,5 m unter der Ochsenbachschicht liegt; der Horizont scheint im Stromberg weithin durchzugehen.

Abb. 1 und 2 gibt zwei Beispiele von diesem Fundort. Die Platte Abb. 1, die neben den Pseudomorphosen noch eigentümliche Wind- oder Schleifspuren im Negativausguß aufweist, veranschaulicht sehr schön, wie sich die salzgesättigte Lösung, die auf feinem grauem liegendem Tonmergel anstand, in flachen Mulden konzentrierte und dort zur Ausscheidung und Kristallisation kam, während auf den höher gelegenen Teilen (den jetzigen flachen Eintiefungen der Platte) kein Salz auskristallisierte. Weiter sind auf der Platte zwei Generationen von Kristalloiden von ziemlich einheitlicher Größendifferenz vertreten; dies läßt auf eine wiederholte Ausscheidung und Auskristallisation unter verschiedenen Bedingungen (Tempo der Eindampfung, Temperatur, Konzentration der Lösung) schließen.

download www.zobodat.at

Das Beispiel Abb. 2 zeigt andere Verhältnisse. Zunächst handelt es sich hier durchweg um gleichmäßig große Pseudomorphosen, also wohl um einen einheitlichen Bildungsvorgang. Die ausgeschiedenen ursprünglichen Steinsalzkristalle weisen auch zum Teil ein mehr oder weniger zurückgebliebenes Flächenwachstum gegenüber dem Kantenwachstum auf, verursacht durch größere Geschwindigkeit der Bildung der Salzwürfel infolge rascheren Eindampfens der Lösung; um Anzeichen beginnender Auflösung kann es sich nicht handeln, da in diesem Fall die scharfen Kanten zuerst angegriffen worden wären. Vor allem aber sitzen die Würfelformen nicht nur auf den höheren Partien des Sandsteinblocks (also nicht nur in den ursprünglichen Eintiefungen des liegenden Mergeltons), sondern auch in den jetzigen Rinnen, die Erhebungen der Unterlage entsprechen. Diese Verhältnisse scheinen sekundär zu sein. Verschiedentlich finden sich an der Schichtunterfläche der in Frage stehenden Sandsteinbank ausgedehnte teigartige Fließerscheinungen; auch der Ausschnitt der Abb. 2 zeigt solche Fließformen des Untergrunds, zugleich auch Schlammrisse (oben links). Beides macht wahrscheinlich, daß die ganze Unterlage in noch breiartig weichem Zustand verschoben wurde. Bei diesem Vorgang wurden auch die vorhandenen Steinsalzwürfel mit bewegt und zum Teil in höhere (jetzt tiefere) Lagen gebracht. Die teilweise festzustellende Verzerrung der Würfelformen spricht dafür, daß dieser Prozeß sogar noch oder erst stattfand, als das Salz der Würfel im wesentlichen schon von Sand ersetzt war. Die Sandsteinbank, an deren Unterseite sich die Pseudomorphosen befinden, weist sehr unterschiedliche Mächtigkeit auf; es ist denkbar, daß stärkere benachbarte Sandauflagerung ein Nachgeben und Stauchen des aufgeweichten Schlammuntergrundes an angrenzenden Orten mit geringerer Beschwerung zur Folge hatte. —

Für die grundsätzliche Entstehung und Erhaltung derartiger Ausfüllungspseudomorphosen nach Steinsalz steht allgemein nur fest, daß eine salzgesättigte Lösung auf einem undurchlässigen Untergrund (Ton) angestanden und eingedampft sein muß; des weiteren, daß nach Auflösung des Salzes durch Wasser das fremde Material „Sand" die im Ton erhaltenen Hohlräume ausfüllte und so die Würfelformen überlieferte. Problematisch ist von Fall zu Fall die Herkunft des NaCl und der Vorgang des Ersatzes des Minerals durch den Sand im einzelnen.

Für die Herkunft des Salzes werden meist zwei extreme Möglichkeiten genannt: Die Entstehung als Wüstensalz in ausgesprochen aridem Klima und die Eindampfung von Meerwasser. Im ersten Fall ist die Salzbildung rein klimatisch bedingt; die Anreicherung von Salzen im allgemeinen und Chlornatrium im besonderen in der Oberschicht des Bodens steht hier im Gegensatz zur Entsalzung in den humiden Gebieten. Während in regenreichen Gegenden die Oberschichten früher oder später ausgelaugt und die Salze in die Tiefe gewaschen oder in das Meer abgeführt werden, verdampft in der ariden Zone sowohl das Oberflächen- wie das aus den Gesteinen selbst emporgesaugte Innen-

download www.zobodat.at

wasser, und es erfolgt Anreicherung da, wo die Verdunstung am größten ist, nämlich an der Oberfläche. Schon ein geringer und seltener Niederschlag vermag dann die dünn verteilten Salze der Oberfläche aufzulösen und, je größer das Einzugsgebiet in einem flachen Gelände ist, um so mehr in Vertiefungen zu konzentrieren (nach JOHANNES WALTHER, 1924). Die andere Deutung setzt kurzfristiges Eindringen von Meerwasser oder wenigstens salzhaltigem Seewasser voraus.

Während LANG 1910 noch die Steinsalz-Pseudomorphosen des Stubensandsteins (ebenso wie die des Kieselsandsteins) unter Annahme von „oszillierenden Bewegungen des Meeres in größerem Umfange" grundsätzlich auf Eindampfungen in flachen Strandmulden zurückführte, hat sich inzwischen die allgemeine Ansicht mehr und mehr zugunsten der Wüstendeutung verschoben, zumal da die Annahme eines ausgedehnten permanenten „Keuperbinnenmeeres" aufgegeben ist. Doch dürfte diese reine „Wüstentheorie" jedenfalls für die Pseudomorphosen führenden Stubensandsteinschichten des Strombergs nicht in Betracht kommen.[1] Es finden sich in diesen Horizonten so überzeugend viele Hinweise, die auf das Wirken oder mindestens Beteiligtsein von Wasser bei der Sedimentation schließen lassen, daß höchstens mit vorübergehenden Trockenzeiten, niemals aber mit einem ariden Generalklima, wie es für die Bildung von Wüstensalz erforderlich wäre, gerechnet werden darf (fluviatile Sandsteine, fast durchweg geschichtete Mergel mit zahlreichen Kalkmergeleinlagen, Lebensspuren, Muscheln, Fischschuppen, sonstige Wirbeltierreste).

Andererseits ist es aber auch kaum möglich, bei den in verschiedenster Höhe des I. und II. Stubensandsteinhorizonts im Stromberg immer wieder auftretenden Salzpseudomorphosen regelmäßig an Ingressionen, sei es auch nur salzhaltigen Wassers der Endseen des Beckeninnern, hervorgerufen durch wiederholte Hebungen und Senkungen, zu denken, so sehr bei der westlich vorgeschobenen Lage dieses Stubensandsteinbereichs ein Eindringen des Salzwassers im einzelnen einmal denkbar ist. Dringt doch nur kurze Zeit später aus der historischen Ingressionsrichtung, nachdem eine kurze Spanne eine Verbindung des Keuperbeckens mit dem Weltmeer bestanden haben muß, auch die bedingt marine Faunula der Ochsenbachschicht in das Gebiet ein.

Wenn aber die aride und im wesentlichen auch die Ingressionsdeutung[2] der Entstehung der Stubensandsteinsalzkristalle im Stromberg

[1] Ich rücke hiermit von meiner 1938 geäußerten Auffassung ab, die sich noch bedingungslos an die „Wüstendeutung" anschloß.

[2] Für die bekannteren NaCl-Pseudomorphosen des württembergischen Kieselsandsteins ist dagegen die Entstehung an einem eigentlichen Meeresstrand nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, nachdem A. SEILACHER bei Gaildorf zahlreiche Spuren von *Isopodichnus* SCHDW. in diesem Horizont gefunden hat. Dieser eigentümliche Fährtentyp wird von SCHINDEWOLF als sicher „marin" bezeichnet (Senckenbergiana, Band 10, Heft 1/2, 1928). Vgl. dazu im besonderen auch KUHN, „Neue Lebensspuren von Würmern aus der deutschen Obertrias" (Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde, 1937) bezüglich *Isopodichnus moenanus* n. sp.

download www.zobodat.at

ausscheidet, so bleibt nur die verhältnismäßige Nähe des Beckeninnern als ausschlaggebender Faktor, der zur Bildung des Steinsalzes geführt hat. Durch Stürme wurde salzhaltiger Staub oder salzgesättigtes Wasser des Beckeninnern hochgerissen und das Chlornatrium gelöst oder in Staubform eine Strecke landeinwärts getragen; ähnliche Vorgänge spielen sich heute an vielen wirklichen Meeresküsten ab, der Salzgehalt der Luft nimmt dabei mit der Entfernung schnell ab (Behrend-Berg, 1927). Über dem Lande wurde das NaCl durch Niederschläge in gelöster Form zu Boden gebracht oder es lagerte sich der Oberfläche in Staubform auf, um dann auf weiten Flächen wieder gelöst und in Vertiefungen angesammelt zu werden; zumal in flachem, eingeebnetem Gelände, wie dieses für die Stubensandsteinzeit im Stromberg anzunehmen ist. Ähnlich deutet vergleichsweise auch Soergel (1928) die Herkunft der im oberen thüringischen Chirotheriensandstein vorkommenden Steinsalz-Pseudomorphosen „nicht als Zeugnis für ein besonders arides Klima", sondern als „ein Zeugnis für das heranrückende Meer"; ebenso urteilte für dieselben Verhältnisse Mägdefrau (1936): „Das Rötmeer hatte ... für das angrenzende Festland noch eine andere Erscheinung zur Folge: die Versalzung".

Es lohnt in diesem Zusammenhang, einmal sämtlichen bekannten Vorkommen von NaCl-Pseudomorphosen im Stubensandstein Württembergs nachzugehen. Zwar gab Lang (a. a. O.) noch ausdrücklich an, daß er Steinsalzscheinkristalle aus dem Km 4 Württembergs nur vom Stromberg kenne; seitdem sind aber noch einige andere Fundorte bekannt geworden. Nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Professor Dr. Frank (Stuttgart) finden sich NaCl-Pseudomorphosen im Unteren Stubensandstein des Schönbuchs auf den Blättern Möhringen und Neuhausen der geologischen Kartierung; ein bei Stoll (1929) erwähntes Vorkommen bei Herrenberg fällt allerdings in den Mittleren Km 4 und damit vielleicht aus dem Rahmen dieser Betrachtung. Für das nordöstliche Stubensandsteingebiet schreibt Silber (1922) allgemein: „Steinsalz-Pseudomorphosen sind im nordöstlichen Württemberg selten"; er ergänzte mir gegenüber diese Angabe brieflich dahingehend, daß er sich sicher nur an einige wenige Funde in den Löwensteiner und Waldenburger Bergen erinnern könne. Der Stubensandstein des Schurwalds und des eigentlichen Nordostlands Württembergs scheint allem nach völlig frei von Pseudomorphosen zu sein. Die räumliche Zusammenstellung der erwähnten Fundorte von Km 4-Salzpseudomorphosen ergibt nun ein weitgehendes Zusammenfallen mit der paläogeographischen Westgrenze der Sandfazies des Unteren Stubensandsteinhorizonts, wie sie erstmals Vollrath (a. a. O) und nach diesem Frank (1937) gezogen hat. Dies läßt den maßgebenden Einfluß der Nähe des Beckeninnern für die Bildung der Steinsalzscheinkristalle im württembergischen Stubensandstein klar heraustreten, wenn auch nicht übersehen werden darf, daß weiter landeinwärts infolge Überwiegens reiner Sandfazies die Bedingungen für Erhaltung etwa vorhanden gewesener NaCl-Kristalle in Form von Pseudomorphosen von vornherein ungünstiger waren. Auf-

download www.zobodat.at

fallend ist im weiteren auch, daß in demselben Grenzbereich zwischen der reinen Grenzfazies des Ostens und dem Beckeninnern fast sämtliche Fundplätze von Fossilien[3] in diesen Horizonten zu liegen kommen; zwischen zwei ungünstigen Lebensbereichen scheint hier ein verhältnismäßig schmaler Streifen mit günstigeren Lebensbedingungen bestanden zu haben. Auch hierfür ist an Einflüsse des Beckeninnern zu denken; es wird diesen Beziehungen bei künftigen paläobiologischen Betrachtungen der Stubensandsteinzeit besonders nachzugehen sein. —

Lang hat sich 1910 auch im einzelnen mit dem Vorgang der Auflösung der ursprünglichen Salzkristalle und des Ersatzes des NaCl durch Sand beschäftigt. Das Lösungsmittel „Wasser" steht fest; für den Prozeß der Auflösung und Ausfüllung der entstehenden Hohlformen[4] sind aber vier verschiedene Möglichkeiten denkbar, unter der Voraussetzung, daß für das Zustandekommen von Pseudomorphosen ein zeitlich längeres Bloßliegen der Leerformen aufgelöster Kristalle praktisch ausscheidet. Die vier Möglichkeiten sind: 1. Der ursprünglich anzunehmende Salztümpel war schon eingetrocknet, wofür in der Regel Netzrisse des liegenden Tonbodens zeugen. Durch Wind wurden die in der Pfanne liegenden Salzkristalle mit Sand eingeweht und zugedeckt; Niederschläge oder fließend nachfolgendes Süßwasser drangen durch die dünne Sandschicht, lösten die Kristalle auf, der nachrutschende Sand füllte die entstehenden Hohlformen aus. Bedingung für diese Art der Entstehung ist, daß der Tonboden, der ja seiner ganzen chemischen Zusammensetzung nach kaum von Wasser angegriffen wird, sehr dicht und tonerdereich ist; würde der Ton selbst angegriffen, könnten keine scharfen Hohlformen und damit im Endergebnis wohlausgebildete Pseudomorphosen entstehen. 2. Der Salztümpel ist eingetrocknet wie Ziffer 1. Strömung trägt sandführendes Süßwasser (oder wenigstens schwächer konzentriertes Salzwasser) in die trockene Pfanne; der Vorgang der Auflösung und Ausfüllung ist ähnlich wie bei Ziffer 1. Voraussetzung ist in diesem Fall, daß die Einströmung und Ablagerung des Sandes verhältnismäßig ruhig erfolgte. 3. Der Tümpel war noch nicht ausgetrocknet (keine Netzrisse). In das salzhaltige Wasser, in dem infolge von Übersättigung NaCl-Kristalle ausgeschieden waren, wurde auf äolischem Wege Feinsand eingeweht; infolge allmählicher Abnahme

[3] Nur die Fundplätze der Murrhardter Gegend fallen aus diesem Bereich.

[4] Die Hohlformen selbst bieten im übrigen wieder ihr eigenes Problem. Die ursprünglichen Kristalle reichten ja mehr oder weniger tief in den liegenden Ton hinein, wodurch es überhaupt erst zur Erhaltung ihrer Körperbegrenzung in Form von Pseudomorphosen kommen konnte. Entweder sanken die gebildeten Kristalle durch ihr eigenes (unerhebliches) Gewicht in den aufgeweichten Untergrund ein, oder, was wahrscheinlicher ist, entstanden sie zum Teil in der salzwasserdurchweichten Oberschicht des Tonschlamms selbst. Im ersteren Fall müßten wenigstens zuweilen rinnenförmige Eintiefungen um die heutigen Pseudomorphosen von der Verdrängung des Tonschlamms zeugen, die einem ursprünglichen Wall entsprächen. Dies ist aber nie zu beobachten; die Pseudomorphosenwürfel stehen vielmehr stets auf glatter Fläche. Auch ergab ein experimenteller Versuch, bei dem Bildhauerton mit Salzwasser angerührt und eingetrocknet wurde, Ausblühen reinen Salzes auf der Oberfläche.

download www.zobodat.at

der Konzentration des über der Sandschicht stehenden Salzwassers wurden die Kristalle aufgelöst und ihre Hohlform durch den nachsinkenden Sand ausgefüllt. 4. Der Tümpel war noch nicht ausgetrocknet wie Ziffer 3. In das Salzbecken strömte sandführendes Süßwasser ein, das die Konzentration der NaCl-Lösung verdünnte, wodurch die Kristalle aufgelöst und durch den Sand ersetzt wurden. Bedingung ist auch hier, daß der Vorgang ruhig und allmählich vor sich ging und daß der umhüllende Tonboden nicht nachgab. Im Einzelfall wird oft schwer zu entscheiden sein, welche Möglichkeit vorlag; auch Kombinationen von Ziffer 1 bis 4 sind denkbar.

Fest steht jedenfalls, wie auch schon Lang (a. a. O.) hervorhebt, daß NaCl-Pseudomorphosen im Stubensandstein (wie im Kieselsandstein) nur an „feinkörnigen Sandsteinen" gefunden werden. Lebhafterer Wassertransport von gröberem Material scheint die Bildung der Pseudomorphosen auszuschließen; allmähliche Anreicherung mit Feinsand, sei es auf äolischem oder fluviatilem Wege, scheint die Entstehung der Scheinkristalle vor allem andern zu bedingen.

Für die in Abb. 1 und 2 wiedergegebenen Kristalloide ist subaquatisch-äolische Entstehung anzunehmen. Netzrisse fehlen; der Tümpel war noch nicht ausgetrocknet. Petrographisch erweist sich der in Frage stehende Pseudomorphosensandstein als ganz ungewöhnlich feinkörnig; er ist frei von jeglichen gröberen Bestandteilen und enthält zugleich auffallend viel fein verteilten Glimmer, also ein klastisches Material, das besonders leicht durch den Wind bewegt wird. Die Glimmeranreicherungen liegen zum Teil völlig waagrecht im Gestein und erscheinen dadurch im Querbruch als dünne, wie mit dem Lineal gezogene, mathematisch gerade Linien; ihre Ablagerung kann nur auf ganz ruhige Weise unter Wasser erfolgt sein. Dieselbe subaquatisch-äolische Deutung wurde von mir auch schon für die in demselben Horizont und an gleichartigem Sandstein vorkommenden hauchzarten Schwimmspuren von Fischen gegeben (Linck, 1938), die aber bisher nie zusammen mit Pseudomorphosen beobachtet wurden.

2. Ein gemeinsames Vorkommen von Pseudomorphosen nach Kalkspat, Gips und Steinsalz.

Abb. 3 gibt eine Übersicht über den Fundort, einen aufgelassenen Steinbruch nordwestlich Ochsenbach, der in das untere Drittel des „Mittleren Stubensandsteins" bis nahe unter die Ochsenbachschicht fällt. Der weiße Werkstein, der einst Ziel des Abbaus war, ist durch die Schutthalden verdeckt; erschlossen sind noch mächtige graue, grüne und untergeordnet auch rote Mergelfolgen, wie sie für die Sonderausbildung des Stubensandsteins im Stromberg überhaupt bezeichnend sind. Im Hangenden kommt eine lokal stärker ausgebildete Sandsteinbank hinzu, die stratigraphisch etwa dem in Abschnitt 1 näher behandelten Pseudomorphosenhorizont entspricht. In die Mergel sind zwei langgezogene, flache Sandsteinlinsen eingelagert, die gegen Norden und Süden auskeilen. Die untere Linse enthält eigentümliche Zapfen und

download www.zobodat.at

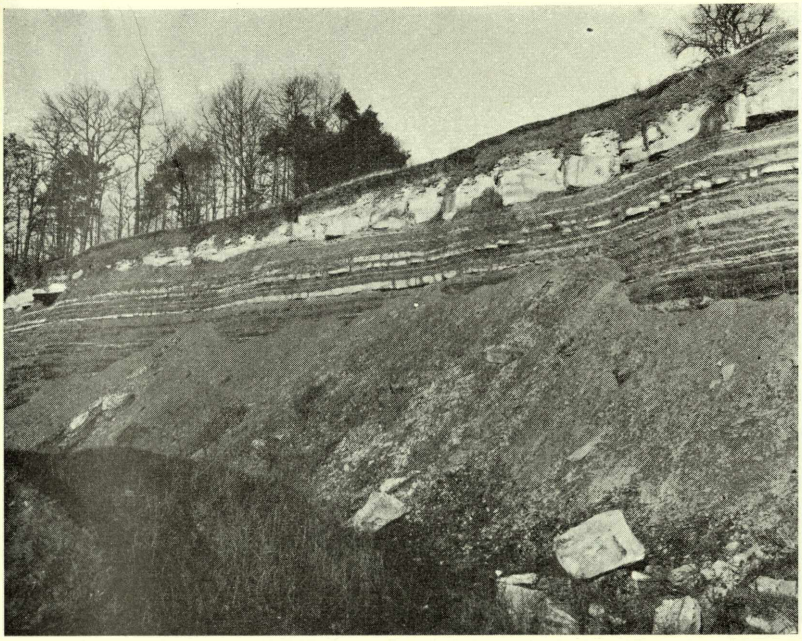

Abb. 3. Übersicht über den Fundort der Kalkspat-, Gips- und Steinsalz-Pseudomorphosen.

Röhrenbildungen, die an anderer Stelle beschrieben werden sollen, die obere trägt an ihrer Unterseite die genannten dreierlei Pseudomorphosenbildungen. Oben folgt auf diese Linse ein weißgrauer Kalkmergel von wechselnder Stärke; unter ihr schließt ein etwa 60 cm mächtiger Stoß dichten, feingeschichteten Tonmergels an; seine Farbe ist grau und spielt zuweilen ins Rotbraune. Zwischen dieser liegenden Tonschicht und der Schichtunterseite der Sandsteinlinse liegt eine nur 1 bis 2 mm starke ockergelbe, blättrige Zwischenlage, die sich bei der Untersuchung als eisen- und schwach kalkhaltig erwies und als Rückstand einer einst vorhandenen Wasseransammlung zu deuten ist. Diese Schicht umkleidet die Pseudomorphosen; entsprechend ist auch die Scheinkristalle tragende Unterseite der Linse ockergelb. Die ungefähr 50 m lange und im Maximum 30 cm starke Linse besteht aus einem sehr feinkörnigen, stark verkieselten, weißgrauen Sandstein; schon 2 bis 3 cm über dem Liegenden wird seine Schichtung unruhig, es zeigt sich Schrägschichtung und erscheinen lagenweise große eingelagerte Tongallen, die wohl von Aufarbeitungen herrühren.

Die Pseudomorphosen nach Kalkspat ($CaCO_3$)[5] offenbaren sich als wohlausgebildete, regelmäßige, ziemlich gestreckte Rhomboëder. Sie finden sich gehäuft (Abb. 4) oder mehr einzeln und ragen

[5] Aragonit scheidet nach der Kristallform und den ganzen vorauszusetzenden Verhältnissen praktisch aus.

download www.zobodat.at

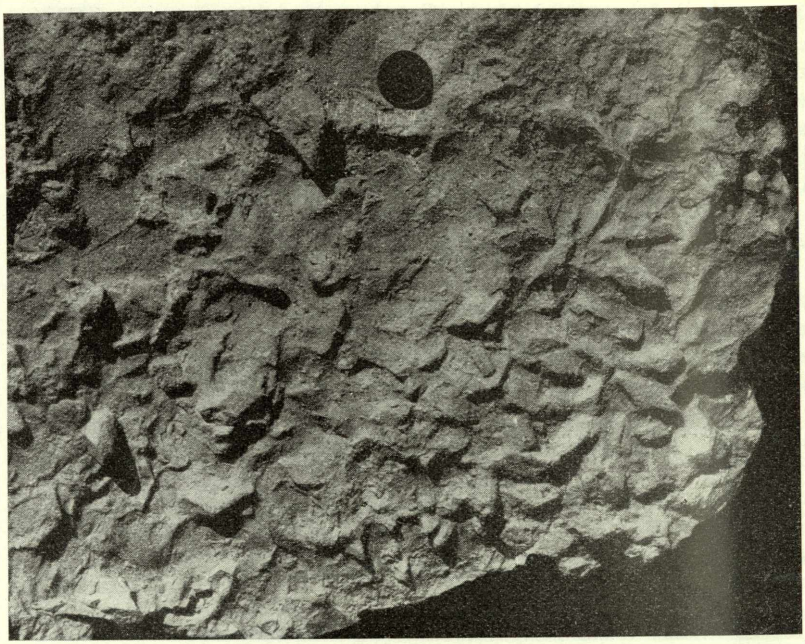

Abb. 4. Pseudomorphosen nach Kalkspatrhomboëdern.

zum Teil weit und fast senkrecht aus der Schichtunterfläche des Sandsteins heraus. Die größten Kristallkörper erreichen eine Länge von 4,5 cm; diese großen Stücke sind aber meist durch das Herabstürzen der Blöcke beschädigt, so daß eine Messung mit dem Kristallwinkelmesser nicht möglich ist.

Die Pseudomorphosen nach Gips ($CaSO_4$)[6] stellen scharfrückige, flachgewölbte, senkrecht oder schräg, oft wirr durcheinander in der tragenden Platte steckende Grate dar, die auf den ersten Blick täuschend flachen Muschelsteinkernen ähneln können. Die größte beobachtete Länge dieser Gebilde beträgt 5,5 cm. Es handelt sich ursprünglich um jene freie Art tafelförmiger Ausblühung von $CaSO_4$, wie sie das Grundelement der sogenannten „Gipsrosen" vieler heutiger Wüstengebiete bildet; die Abb. 59 und 60 in Johannes Walthers „Gesetz der Wüstenbildung" (Ausgabe 1924) zeigen genau dieselben Einzelformen. Wenn es im vorliegenden Fall auch nicht zur Ausbildung eigentlicher Rosetten gekommen ist (zumal es sich ja auch hier nicht um eine „Wüstenbildung" handelt), so finden sich doch öfters Zwillinge (Abb. 6) und Drillinge, die erst recht aufs verblüffendste an klaffende Zweischaler oder, wenn sie zufällig gleichmäßig gerichtet sind, an „Lebensspuren" erinnern. Ähnliche Gebilde sind mir auch schon an anderen Orten im Stromberg zu Gesicht gekommen.

[6] Streng genommen: $CaSO_4$, $2\,H_2O$.

download www.zobodat.at

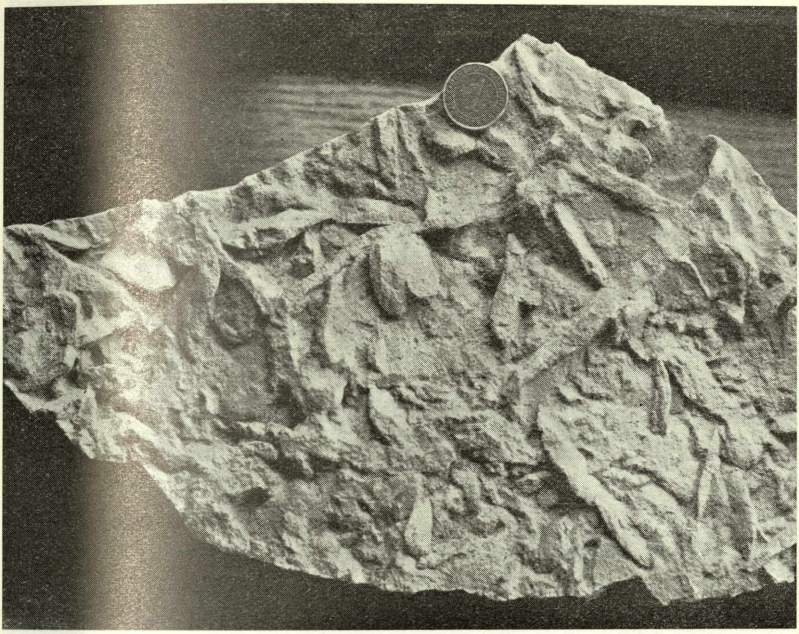

Abb. 5. Gips-Pseudomorphosen mit Ausfüllungen von Trockenrissen (Netzleisten).

Ferner finden sich auch an dieser Pseudomorphosenschicht Steinsalz-Pseudomorphosen. Sie sind hier aber lange nicht so groß und schön entwickelt wie an den sonstigen Fundorten des Strombergs, sondern mehr oder weniger nur angedeutet (Abb. 7). Sie zeigen durchweg in sehr bezeichnender Weise die Erscheinung der Reihung in der Kristallisationsrichtung. Die einzelnen Kristallindividuen sind in gerader Linie, Winkel in Winkel, hintereinandergeschachtelt; etwaige Abzweigungen erfolgen senkrecht, wodurch offene rechte Winkel entstehen. Nach Groth (1895) läßt diese reihenförmige Anordnung der Kristalle auf eine besonders schnelle Ausscheidung schließen; sie veranschaulicht gewissermaßen die Idee des Kristallisationssystems, dem das Mineral, in diesem Fall das regulär in Würfelform kristallisierende Steinsalz, zugehört. Welches Ausmaß diese Erscheinung annehmen kann, zeigt vergleichsweise die Abb. 8 nach einem in der Württ. Naturaliensammlung aufbewahrten Handstück aus dem Kieselsandstein (Km 3) der Stuttgarter Gänsheide.

Schließlich finden sich an der Schichtunterseite der Sandsteinlinse noch ausgedehnte unregelmäßig höckerige Partien. Sie dürften als Pseudomorphosen (sofern dieser Begriff hier noch anwendbar ist) von amorphen bzw. mikrokristallinen Kalk- oder Gipskrusten zu deuten sein, die sich an Stellen, an denen aus unbekanntem Grund keine eigentliche Auskristallisation erfolgte, gebildet hätten. Manche der im Mitt-

download www.zobodat.at

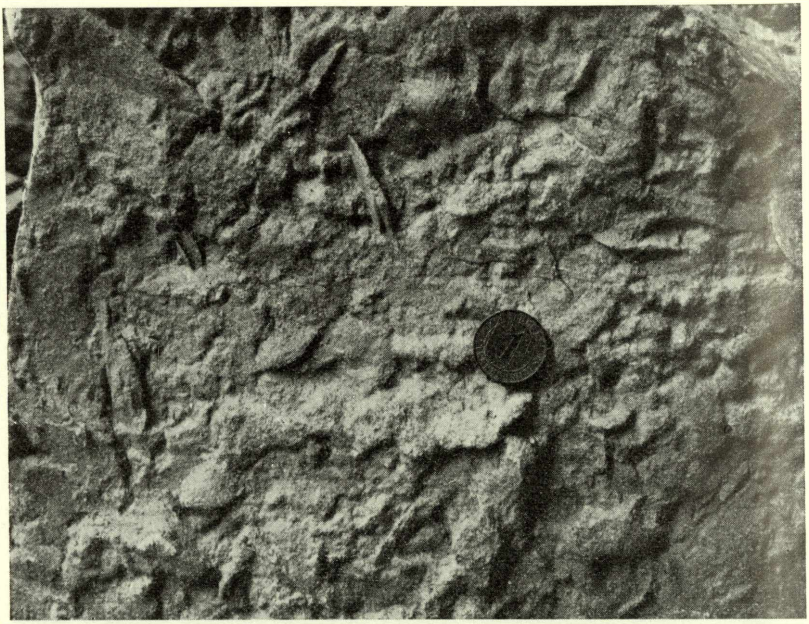

Abb. 6. Gips-Pseudomorphosen („Zwillinge").

leren Keuper auch sonst vorkommenden merkwürdigen „Gekröse- und Wurstelplatten" dürften auf ähnliche Entstehung zurückzuführen sein.

Die Gesamtform der Sandsteinlinse läßt auf das ursprüngliche Vorhandensein einer ganz flachen Wanne schließen, die durch den Sand nachträglich ausgefüllt wurde; der tiefste Punkt dieser Mulde befand sich da, wo jetzt die Linse am stärksten ist. Die verschiedenen Scheinkristallbildungen sind nun nicht gleichmäßig verteilt. An den tiefsten Stellen finden sich vielmehr überwiegend die $CaCO_3$- und die NaCl-Pseudomorphosen, während die $CaSO_4$-Scheinkristalle mehr gegen den flach ausstreichenden Rand hin erscheinen. Nur dort zeigen sich auch Netzleisten von Trockenrissen wie auf Abb. 5; es kann daraus geschlossen werden, daß der anzunehmende Tümpel in dem Augenblick, in dem der Sand die Einsenkung auszufüllen begann, von den Rändern her schon eingetrocknet war, während in seiner Mitte noch gesättigte Lösung anstand.

Im ganzen muß für die gemeinsame Entstehung der dreierlei Pseudomorphosen das Vorhandensein einer Lösung vorausgesagt werden, die gleichzeitig oder nacheinander kohlensauren und schwefelsauren Kalk und Natriumchlorid enthielt.[7] Die Ausfällung mag theoretisch ähnlich

[7] Denkbar ist freilich auch, daß in dem anzunehmenden Tümpel andere Kalziumsalze (z. B. $CaCl_2$) vertreten waren und durch eingebrachtes Na_2SO_4 als Gips oder durch Na_2CO_3 oder K_2CO_3 als Kalkspat ausgefällt wurden. Bei derartigen kontinentalen Bildungen kann die Zufuhr von Gelöstem örtlich rasch wechseln.

download www.zobodat.at

Abb. 7. Kalkspat-Pseudomorphosen und angedeutete „gereihte" Steinsalzscheinkristalle (hauptsächlich oben links).

erfolgt sein, wie sie sich beim versuchsmäßigen Eindampfen einer entsprechenden Lösung ergibt, nämlich in der Reihenfolge: Karbonat, Sulfat, Chlorid. Es wäre dies geradezu ein modellartiges Kleinbeispiel für die chemische Ausscheidungsfolge, die Weigelin 1913 seiner Eindampfungsdeutung des Gipskeupers (Km 1) zugrunde legte, nur mit dem Unterschied, daß hier das theoretische Nacheinander des Ausfallens von $CaCO_3$ — $CaSO_4$ — NaCl bei der verhältnismäßig geringen Menge gegebener Mineralsubstanz und der vermutlichen zeitlichen Nähe der Ausscheidungsprozesse nicht in einer ablagerungsmäßigen Abfolge von Kalk — Gips — Salz sichtbar wird. Die Auflösung der ursprünglichen Mineralkristalle würde sich normalerweise in der umgekehrten Reihenfolge: NaCl — $CaSO_4$ — $CaCO_3$ vollzogen haben. Der zeitliche Unterschied dürfte aber in dem vorliegenden Fall wiederum so klein gewesen sein, daß von einem einheitlichen Auflösungsprozeß gesprochen werden kann; dieser setzte in dem Augenblick ein, als (unter Umständen nach vorheriger äolischer Einwehung, siehe Abschnitt 1) sandführendes Wasser in die Mulde drang. Diese Eindeckung vollzog sich zuerst ruhig (untere 2 bis 3 cm der Sandsteinlinse), dann wurde der Transport lebhafter (Aufarbeitungstongallen, Schrägschichtungen); doch waren in diesem Zeitpunkt die Kristalle bzw. ihre im Entstehen begriffenen oder fertigen Hohlformen schon vor der Zerstörung geschützt.

download www.zobodat.at

Im einzelnen setzt freilich die Bildung so großer und wohlausgebildeter Kalkspat- und Gipskristalle grundsätzlich und erst recht in diesem Keuperhorizont ebenso wie ihre Bewahrung in Form von Pseudomorphosen das Zusammenwirken ganz besonderer Umstände voraus.

Ursprüngliche größere Kalkspatausscheidungen oder gar Kristalle (also nicht spätere Abscheidungen auf Klüften) sind bisher in diesen Stubensandsteinschichten noch nie beobachtet worden, obwohl ihre Mergel einen „beträchtlichen Gehalt an Karbonaten" enthalten (Vollrath, 1928), und zwar in den geschichteten Mergeln vorwiegend in authigen entstandener rhomboëdrischer Form. Dieser gegebene Karbonatgehalt mag nun in der Umgebung der Mulde auf einem größeren Einzugsgebiet durch ungewöhnlich kohlensäurereiches Wasser gelöst worden sein, wobei sich das in den Mergeln fein verteilte Eisen bei der Verwitterung in Eisenhydroxyd verwandelte und als Katalysator an seiner Oberfläche reichliche Mengen von Kohlensäure verdichtete (Sauer, Mineralkunde, S. 187). Das Kalziumkarbonat wurde dann durch den im Wasser vorhandenen Überschuß an CO_2 in Form von Bikarbonat in Lösung gehalten und dem Tümpel zugeführt; dort entwich unter Atmosphärendruck und unter Einwirkung des Luftsauerstoffs die überschüssige Kohlensäure und schied damit aus dem unstabilen Bikarbonat wieder kohlensaurer Kalk aus, wobei zugleich auch wieder Eisen als Hydroxyd ausflockte (ockerfarbene Zwischenschicht). Warum es bei diesem Prozeß nicht nur zur Ablagerung einer Kalkschicht, sondern zu der ungewöhnlichen Auskristallisation kam, läßt sich nicht erklären;

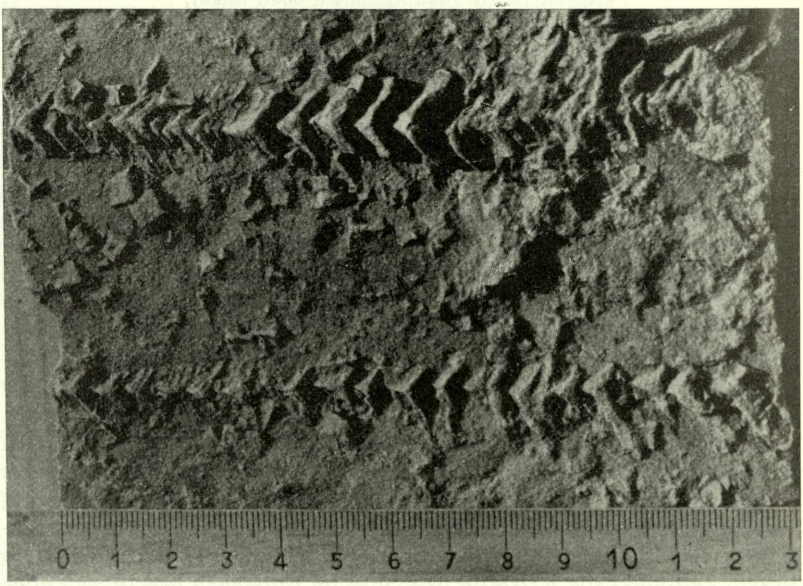

Abb. 8. Gereihte Steinsalz-Pseudomorphosen aus dem Kieselsandstein.

download www.zobodat.at

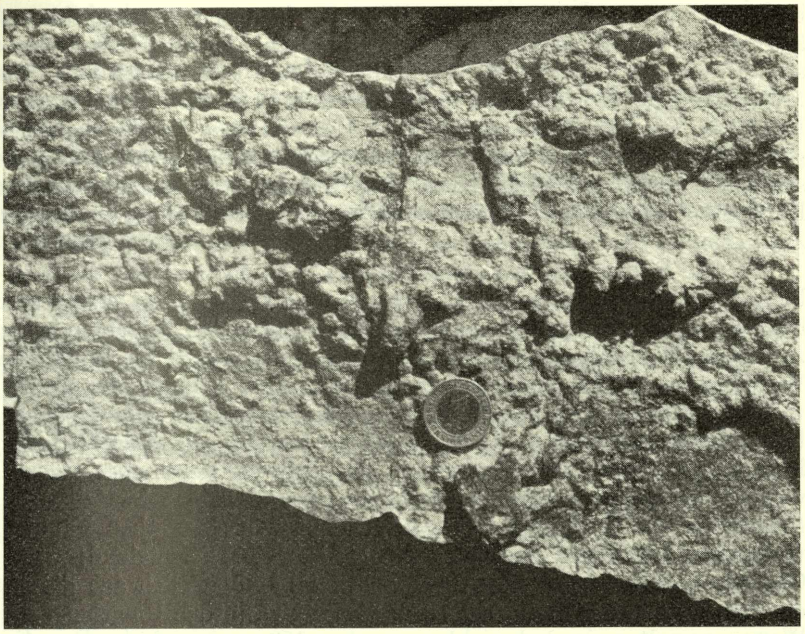

Abb. 9. „Pseudomorphosen" nach Krustenausscheidungen.

der Vorgang der Kristallisation als solcher setzt jedenfalls einen längeren ruhigen Bildungszeitraum voraus. Die spätere, wahrscheinlich schon bald nach dem Ausreifen wieder erfolgende Auflösung der großen Kristalle und zugleich die Ausfüllung ihrer Hohlräume durch den Sand muß dagegen schnell erfolgt sein, da einmal der Sand selbst noch nicht verfestigt gewesen sein darf und sich sonst die zum Teil tief in den Untergrund hineinragenden Kristallformen kaum in voller Schärfe erhalten hätten. Eine erneute Anreicherung mit Kohlensäure allein genügt schwerlich zur Erklärung der raschen Lösung des Kalziumkarbonats; es müssen verschiedene Umstände in gleicher Richtung zusammengewirkt haben. Nach G. Linck (in Doelters Handbuch der Mineralchemie I, S. 120) steigt die Löslichkeit des $CaCO_3$ einmal mit zunehmender Temperatur, weiterhin durch die Anwesenheit von Chlornatrium als „Lösungsgenosse"; diese erreicht in mit CO_2 gesättigtem und mit einer Atmosphäre Kohlensäure im Gleichgewicht befindlichen Lösung bei einem Kochsalzanteil von 110,6 g im Liter einen Höchstbetrag gelösten Karbonats von 1740 mg. Außerdem kann für die Beschleunigung der Auflösung auch die Kieselsäure herangezogen werden, die heute noch in der Verkieselung der Sandsteinlinse, einschließlich ihrer Pseudomorphosen, sichtbar ist. Nach Behrend-Berg (Chemische Geologie, S. 382) tritt Kieselsäure in der Natur auch in echter Lösung, also als wirkliche Säure, auf und vermag dann unmittelbar auf Karbonate

download www.zobodat.at

einzuwirken; es erfolgt auf diese Weise in heutigen Wüstengebieten, ähnlich wie es Fischer (1925) für den fränkischen Bunten Keuper feststellte, eine sehr bezeichnende Verdrängung des $CaCO_3$ durch SiO_2. Die Möglichkeit für den Übergang der Kieselsäure in Lösung ist bei starker Insolation und Vorhandensein ziemlich konzentrierter Salzlösungen gegeben, die durch ihren hohen Elektrolytgehalt befähigt sind, Kieselsäuresole schnell zu koagulieren. Das Zustandekommen der großen Kalzitpseudomorphosen dürfte also in jeder Hinsicht auf ein einmaliges Zusammenwirken verschiedenster Umstände zurückzuführen sein.

Für die Entstehung der „Gipskristalle" besteht zunächst die Möglichkeit, daß an anderer Stelle vorhanden gewesener Gips gelöst und hier wieder abgesetzt wurde, zumal in den umgebenden Schichten heute zuweilen Gipsresiduen zu beobachten sind; doch macht die räumliche Verteilung der Gipsscheinkristalle die authigene Bildung des $CaSO_4$ wahrscheinlicher. Die zur Bildung von Kalziumsulfat erforderlichen Bestandteile sind Kalk und Schwefelsäure; hiervon war vermutlich der Kalk in Bikarbonatlösung gegeben. Die Schwefelsäure aber stammt wohl, da den angrenzenden Ablagerungen ursprüngliche schwefelhaltige Mineralien wie Pyrit und Markasit fehlen, aus organischen Fäulnisvorgängen, bei denen zunächst Schwefelwasserstoff entstand; durch Oxydation (unter Umständen über Schwefel) bildete sich aus diesem die Schwefelsäure. Organische Reste fehlen nun in der Umgebung der Wanne, so selten sie sind, nicht ganz; etwa 150 m südlich der Pseudomorphosenfundstelle wurde 1936 ein fast vollständig erhaltenes, 4 bis 5 m langes *Plateosaurus*-Skelett ausgegraben (Berckhemer, 1938), ganz abgesehen davon, daß nieder organisierte Lebewesen wohl vorhanden gewesen sein mögen, ohne daß sie eine Spur hinterlassen haben. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang vor allem, daß die Gipspseudomorphosen nur in der Randzone der Wanne auftreten, während sie dem Innern fehlen. Die Schwefelsäure war also augenscheinlich nicht in der ganzen Lösung verteilt, sondern mag erst nachträglich von außen her in die gesättigte Bikarbonatlösung eingedrungen sein; dabei kam es in der Randzone zur Bildung des Sulfats, und zwar, da diese chemische Ausfällung schnell erfolgt, zunächst wohl in Form eines amorphen Niederschlags. Erst als der Tümpel vom Rand her auszutrocknen begann (Netzrisse), zog sich der Gipsniederschlag dann zu den scheibenförmigen Gebilden zusammen, die nun als Pseudomorphosen erhalten sind. Die Austrocknung erreichte aber das Innere des Tümpels nicht, so daß hier in gesättigter, schwefelsäurefreier Lösung in einem längeren Zeitraum ruhige Auskristallisation des Kalzits erfolgen konnte. Für die ebenfalls wohl kurzfristig erfolgte Auflösung der Gipskristalle ist wohl wiederum ein Zusammenwirken verschiedener Ursachen vorauszusetzen; vor allem steigt wiederum die Löslichkeit in konzentrierter Kochsalzlösung beträchtlich.

Die Auflösung der Steinsalzwürfel bietet keine besonderen Probleme. Auffallend ist im übrigen noch die sehr geringe Einwirkung der anstehenden Lösung auf die liegenden Mergel. Schon unmittelbar unter

download www.zobodat.at

der an sich überraschend schwachen Rückstandsschicht sind die Mergel in keiner Weise verfärbt oder sonst irgendwie gegenüber den tieferen Lagen in ihrer Beschaffenheit verändert. Aus allem kann wohl für den ganzen Ablauf dieser ungewöhnlichen Kristall- und Pseudomorphosenbildung an einen verhältnismäßig kurzen Vorgang gedacht werden. Generelles Wüstenklima muß auch hier nicht zur Erklärung herangezogen werden; es genügen kontinentale Verhältnisse, wenn auch das vermutete Freiwerden der Kieselsäure nur unter zeitweiliger starker Erwärmung erfolgt sein kann.

Zusammenfassung.

1. Die schon bekannten Steinsalz-Pseudomorphosen des Stubensandsteins im Stromberg wurden horizontiert; ihr Zustandekommen wurde näher untersucht und das Vorhandensein des Salzes aus dem Einfluß der Nähe des übersalzten Beckeninnern des Keupersedimentationsraums hergeleitet. Die räumliche Verteilung der sonst bekannten Vorkommen von NaCl-Scheinkristallen im württembergischen Km 4 bestätigt diese Annahme und läßt ein Zusammenfallen der Pseudomorphosenvorkommen mit dem bisher durch Fossilfunde gekennzeichneten Hauptlebensraum des Unteren Stubensandsteins erkennen.

2. Ein eigenartiges gemeinsames Vorkommen von $CaCO_3$-, $CaSO_4$- und NaCl-Pseudomorphosen wurde beschrieben. Neu sind hier sowohl die Kalkspat- wie die Gipsscheinkristalle, ebenso Ausgüsse von krustenförmigen Ausscheidungen. Es wurde versucht, die komplizierten Bedingungen zu klären, unter denen dieses gemeinsame Pseudomorphosenvorkommen zustande gekommen sein mag; es dürfte sich um ein einmaliges Zusammenwirken verschiedenster Umstände handeln.

3. In beiden Fällen scheint keine zwingende Notwendigkeit gegeben, „arides" Generalklima zugrunde zu legen. Zur Erklärung genügt kontinentales Klima mit wechselnden Extremen, wie sich dieses aus der ganzen Schichtenfolge des Unteren und Mittleren Stubensandsteins im Stromberg ablesen läßt. Die Auffassung des damaligen Keuperbeckens als „Wüste im Sinne Joh. Walthers", d. h. als im wesentlichen abflußloser Sedimentationsraum (nicht aber als „Wüste im Sinne Passarges"), wird dadurch nicht berührt.

Schriftenverzeichnis.

Behrend-Berg, Chemische Geologie, 1927.

Berckhemer, F., Wirbeltierfunde aus dem Stubensandstein des Strombergs. „Aus der Heimat", 1938.

Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie, Band I, 1913.

Fischer, G., Zur Kenntnis der Entstehung der Steinmergel im fränkischen bunten Keuper. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie; Beilage-Band 51, 1925.

Frank, M., Marine Straßen und Faunenwanderungen in Süddeutschland zur Triaszeit. Geologische Rundschau, 1931.

— Palaeogeographischer Atlas von Südwestdeutschland. Mitteilungen der Geologischen Abteilung des Württ. Statistischen Landesamts, Nr. 17, 1937.

download www.zobodat.at

GROTH, P., Physikalische Kristallographie, 1895.

LANG, R., Der Mittlere Keuper im südlichen Württemberg. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ., 1909 und 1910.

LINCK, O., Schichtfolge und Entstehung des Stubensandsteins des Strombergs. „Aus der Heimat", 1938.

— Schwimmfährten von Fischen im Stubensandstein. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. i. Württ., 1938.

MÄGDEFRAU, K., Die fossile Flora von Singen in Thüringen. „Das Thüringer Fähnlein", 1936, Heft 1.

SAUER, A., Mineralkunde als Einführung in die Lehre vom Stoff der Erdrinde. Franckhscher Verlag, Stuttgart (ohne Jahresangabe).

SILBER, E., Der Keuper im nordöstlichen Württemberg. Erdgeschichtliche und landeskundliche Abhandlungen aus Schwaben und Franken, Heft 3, 1922.

STOLL, A., Versuch einer Gliederung des Stubensandsteins im westlichen Württemberg. Jahresbericht und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, 1929.

STRASSER, R., Über Scheinkristalle aus dem Buntsandstein bei Heidelberg. Heidelberg 1907.

VOLLRATH, P., Beiträge zur vergleichenden Stratigraphie und Bildungsgeschichte des mittleren und oberen Keupers in Südwestdeutschland. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie; Beilage-Band 60, 1928.

— Begleitworte zur Geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Blatt Besigheim; Neubearbeitung 1929.

WALTHER, J., Das Gesetz der Wüstenbildung. 4. Auflage, 1924.

WEIGELIN, M., Der untere Keuper im westlichen Württemberg. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie; Beilage-Band 35, 1913.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg

Jahr/Year: 1940

Band/Volume: 96

Autor(en)/Author(s): Linck Otto

Artikel/Article: Über alte und neue Pseudomorphosenbildungen aus dem Stubensandstein des Strombergs (Mittlerer Keuper) 49-66