

IV.

Ueber regelmässige Schichtdurchsinterung bei Neuleiningen und Giseh in Aegypten.

Es ist eine seit langem beobachtete Tatsache, dass viele geschichtete Karbonatgesteine, ebenso wie Quarz-Kieselsäuregesteine eine umfassende Veränderung erfahren haben, bevor die jetzt uns vorliegende stärkere Kleinerklüftung die Gesteine betroffen hat; andererseits müssen dies auch Vorgänge gewesen sein, welche andere Bedingungen haben als jene, welche mit der Entstehung der Schichten noch mitgegeben wurden und deren allmähliches Ausklingen und Aufarbeiten man mit dem Ausdruck der Diagenese bezeichnete. Diese Umänderungen, welche nicht ohne später neu zutretenden Chemismus, d. h. nicht ohne Eindringen von Wasser und Lösungen mit Lösung und Lösungsabsatz in die Gesteine zu denken sind, knüpfen sich an die erste Durchdringung von Gesteinsschichten mit Wasser nach ihrem diagenetischen Bildungsabschluss und setzen einerseits eine Möglichkeit hochgradiger Durchsetzung der Gesteine durch Wasser, andererseits eine erste anormale Zuführung desselben durch entschieden radiale Gebirgsspalten voraus, welche dann von der Seite her die Gesteinsschichten damit speisen. Von hier aus d. h. von den Querbrüchen der Schichten scheinen auch von vorneherein die Schichtgesteine durchlässiger zu sein, da sie ja dem Durchdringen von der Schichtfläche her im Grossen und Ganzen viel mehr ablenkende Flächen auch bei den kleinsten Gesteinsteilchen entgegensetzen, während vom Querbruch hier viel mehr Zwischenräume dargeboten werden und weniger Ablenkungen eintreten.

Der Verfasser hat nun in seinen „Beobachtungen über Gesteinsbildungen etc. in der fränkischen Trias“, Geogn. Jahreshefte 1910 S. 84—94 Gelegenheit genommen,

auf diese quere Durchsetzungen von Schichtgesteinen mit Wasser und Lösungen, soweit sie in deutlichen Veränderungsstufen, in scheinbar allmählichem, doch vielfach unterbrochenen Vordringen vorliegen, ausführlicher einzugehen; er hat den Vorgang mit dem allgemeinen Namen „Durchsinterung“ bezeichnet, welche in den meisten Fällen eine quere Durchsinterung der Bänke ist; es wurde die Erscheinung 1. bei eisenkarbonathaltigen dolomitischen Kalken der Lettenkohle, 2. bei Kalkmergeln und 3. den eigentlichen Wellenkalken genauer beschrieben. — Das Wichtigste der Ergebnisse ist in folgendem zusammengefasst:

Die Durchsinterung äussert sich an der Oberfläche der Gesteine in manchmal vielfach eingeknickten, gebogenen Streifen, welche als Querbrüche von flächenhaften schaligen Lamellen, die die Gesteine im Innern durchsetzen, anzusehen sind; es zeigen sich nicht selten vereinzelte von einander getrennt scheinende Gruppen (Systeme) solcher Bänder; die Bänder sind sehr häufig eisenfarbig und machen sich als solche durch mehr oder weniger starke Farbe deutlich; in gewissen Fällen tritt die Bänderung nicht weniger scharf in Abstufungen stärkerer und weniger starker Erhärtung hervor, was dann am deutlichsten durch die Anwitterung kenntlich wird.

Die Durchsinterungsbänder zeigen oft ein ziemlich regelmässiges Vor- und Zurückspringen; es zeigen sich nach den Seiten ausgeschwungene, querstehende grosszügige Bogen und dazwischen mehr und weniger spitzwinklige Einbuchtungen; letztere liegen bei den Wellenkalken entsprechend den feinen tonigen Einschaltungen, bei den erwähnten dolomitischen Gesteinen sowohl in ganz dünnen lagenartigen Einschaltungen von kleinen Muschelschälchen als auch in dickeren und dichten kalkigen Lagenbändern des Gesteins, bei Mergeln in den feinen Lagenzügen geringerer kalkiger Bindung und grössern Tongehalts; man kann immer sagen: die Einknickungen fanden sich in den Lagenzonen der für ein jeweiliges Ge-

stein verhältnismässig geringeren Durchlässigkeit für Wasser und Lösungen.

Eine weitere Gesetzmässigkeit ist die, dass die Streifen, die eine gewisse Querschnittsbreite besitzen, nicht gleichmässig sind, sondern einen Verdichtungsrand haben; dieser Verdichtungsrand äussert sich in einer Verstärkung der Eisenfärbung oder in einer stärkeren Bindung, welche dann bei der Anwitterung eine grössere Festigkeit verrät; dieser Verdichtungsrand liegt einseitig und setzt sich schroff gegen die daneben liegenden Gesteinsstreifen ab. (Vgl. hierzu Fig. 2 S. 103.)

Nimmt man die Richtung, welche durch die oben besprochenen spitz einspringenden Winkel gekennzeichnet ist, als die Richtung der Verzögerung des Vordringens der Lösung an, so ist die entgegengesetzte Richtung, die in den Radien der weitausgeschweiften Bogenlinien ausgeprägt ist, die ihres allgemeinen Vordringens; auf dieser Seite liegen die Verdichtungsråder der Streifen; hier setzen Gesteinsverschiedenheiten so schroffer Art von einander ab, dass hier unter dem Hangendruck sogar Cohäsionstrennungen in spröderen Lagern eintreten, die sog. Sigmoidalklüfte, welche in S-förmig gebogenen Klüften Gesteinsbänke bis zu 30 cm Dicke in weiter Horizontalerstreckung durchsetzen. *)

Eine weitere Charakteristik der Durchsinterungstreifen ist, dass da, wo der Vorgang von den zwei Seiten einer eckigen Gesteinsumgrenzung eintritt, der Streifen im Winkel der Seiten weiter nach innen vorrückt; es zeigt sich da die Wirkung der Resultante oder eine umgekehrte Spitzenwirkung; ich habe schon in den Geogn. Jahres-

*) Der von mir mehr als blos vermutete Zusammenhang von Durchsinterungstreifen und Sigmoidalklüften hat sich durch neuere Beobachtungen in den gleichen Schichten der Myophorienmergel in der Umgegend von Hammelburg völlig bestätigt: in spröderen, gleichmässiger kalkigen Gesteinen entstehen die Sigmoidalklüfte, in den dazwischenliegenden Mergeln die feinsten, ebenso „sigmoidalen“ Durchsinterungstreifen.

heften 1901 S. 87 Anm. und 1904 S. 180 Anm. darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Limonitdurchsetzung von Sandsteinen und in schalig würfelig Zerklüftung durch die an den Ecken vordringenden Schalen von Limonit die Ecken abgerundet werden und endlich kugelig gerundete Durchdringungsflächen entstehen, welche z. B. auch die Ursache der kugeligen Verwitterung, d. h. der lockernden Ablösung der vorgebildeten Schalen durch Frostwirkung etc. sei.

Diese Abrundung der Ecken ist eine allgemeine Erscheinung und nicht auf eine besondere Art der Flüssigkeitsdurchdringung beschränkt; man kann sie bei Capillareffekten (genügend grosses Stück Würtelzucker im Kaffee), man kann sie bei Diffusionen (nach Liesegang) beobachten, sie wirkt auch dabei mit, wenn z. B. eckige Naphtalintafeln allmählich zu völlig allseitig gerundeten Knöpfchen verdunsten, also auch eine Kugelverwitterung erleiden.

Leitmeier hat 1909 diese Ringe von Limonit Verwitterungsringe genannt; da aber diese Vorgänge nicht nur als Vorbedingung der Verwitterung eintreten, sondern auch Gesteinsumwandlungen in der Tiefe begleiten, glaube ich den allgemeinen Ausdruck der Durchsinterung vorziehen zu dürfen, zumal sie auf eine Bezeichnung Goethes zurückgreift; er nennt die bräunlichen Streifen des Ruinenmarmors eingesinterte Gangart (Vgl. Geogn. Jahresh. 1909 S. 92 Anm.).

Als Beispiel der Durchsinterung und ihrer morphologischen Eigenschaften, welche ich in der genannten Schrift umfassend dargelegt habe, gebe ich das Bild (S. 103); es zeigt in ungefähr natürlicher Grösse die angewitterte Oberfläche eines durchsinterten Myophorienmergels aus Unterfranken. Ober- und Unterseite ist Schichtfuge, die rechteitige Begrenzung ist eine Anwitterungsbegrenzung, welche sich ungefähr mit dem Verlauf der durch Anwitterung deutlich gewordenen Linien der inneren Durchsinterung deckt; man erkennt die der Hauptmasse des Gesteins entsprechenden grösseren Convexitäten nach rechts und die

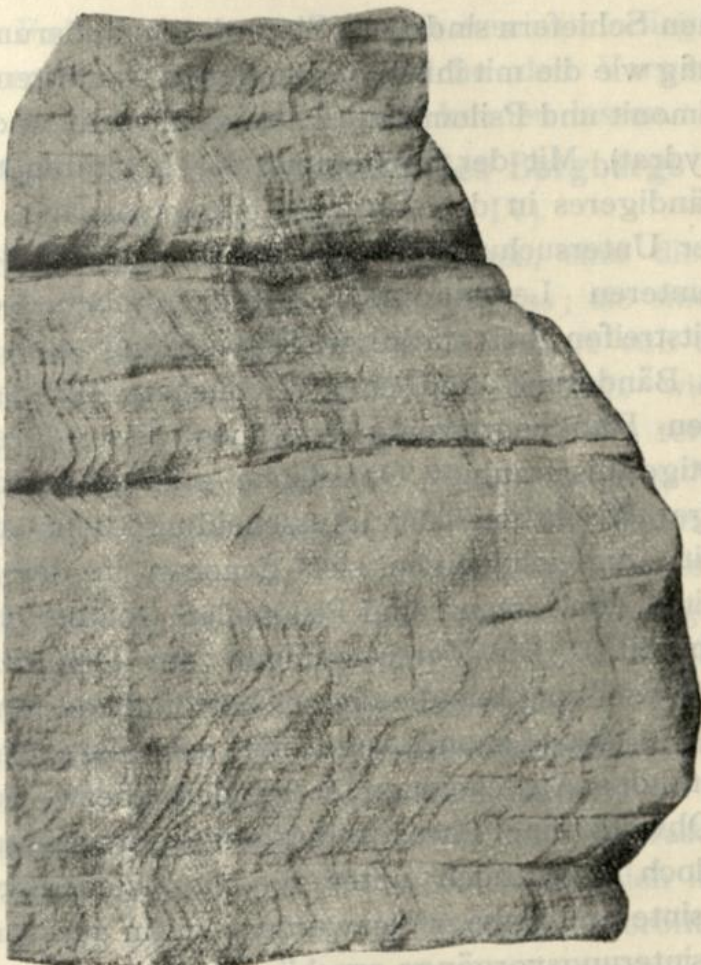


Fig. 2

zurückspringenden Winkel, welche den Schichtfugen und den schwächeren Lagerungsverschiedenheiten entsprechen; die Lagerungsverschiedenheiten selbst zeigen sich in Anwitterungsvertiefungen d. h. in Lagen geringerer kalkiger Bindung, stärkerem Tongehalt und damit stärkerem Widerstand gegen die Lösungsdurchdringung.

Nach der entgegengesetzten Seite, also nach der Seite des stärkeren Vordringens der Lösung zeigen sämtliche Anwitterungsrippen ihren Steilabfall, d. h. ihren am stärksten gesteigerten Widerstand gegen Anwitterung, worauf nach aussen hin jedesmal eine Stelle der geringeren Bindung folgt.

Ganz ähnliche Beobachtungen kann man z. B. in den klotzigen Kehlheimer Kalken machen; in den lithogra-

phischen Schiefern sind diese Sinterdurchbänderungen ebenso häufig wie die mit ihnen verbundenen Dendritenbildungen von Limonit und Psilomelan (Eisenoxydhydrat und Manganoxydhydrat). Mit der Entstehung der Letzteren tritt etwas Selbständigeres in den Durchsinterungsvorgang. Ich habe bei der Untersuchung der eisenkarbonatreichen Dolomite der unteren Lettenkohle*) hervorgehoben, dass der Limonitstreifen bei stärkerer Entwicklung eine schärfere innere Bänderung und eine reichlichere Gliederung der äusseren Randbegrenzung erkennen lässt; ihre blumenkohlartige bis traubige Oberfläche erinnert an das selbstständige Wachstum der Ausscheidung von colloidalen Limonit; zugleich zeigen sich daneben in der Tat auch Dendriten von Limonit und Psilomelan (spätere Generation, wie überall.*) Die Verzweigungen der Dendriten haben dieselbe Richtung wie die der reicher gegliederten Traubenoberfläche des Limonits und die des allgemeinen Vordringens der Ausscheidung in Bändern (bezw. Schalen).

Obwohl eine etwas selbständige Erscheinung, kann dies doch auch noch unter die Gesetzmässigkeiten der Durchsinterung einbegriffen werden; wenn auch an typische Durchsinterungsvorgänge anschliessend, können die selbstständigen mineralischen Formen des Ausscheidungswachstums die Anzeichen der Richtung der Durchsinterung verwirren, wie dies zum Teil bei den limonitischen Durchsinterungen des tertiären Meeressands von Battenberg (sog. Blitzröhren) der Fall ist. (Vgl. Schematisiertes Bild im Ber. des oberrh. Geolog. Vereins 1910, S. 23, Fig. 2.)

Diese Erfahrungen sind gesammelt lediglich an Aufschlüssen und Gesteinsschollen kleineren Umfangs, obwohl die Häufigkeit der erwähnten Vorkommen an ganz bestimmter Oertlichkeit schliessen lässt, dass daselbst der gleiche Vorgang auf weite Strecken ausgedehnt ist.

Wir wollen nun zwei weitere Beispiele aus sehr ver-

*) Vgl. Geogn. Jahreshefte 1909, S. 86, Taf. XI, Fig. 1.

schiedenen Formationen und sehr weit auseinanderliegenden Fundpunkten kurz besprechen, welche den Vorgang in grösserem Naturaufschluss erkennen lassen.

1. Aufschluss am Nordhang des Burgbergs von Neuleiningen (Taf. IV).

Die Schichten, welche hier anstehen, sind die hell-ockerigen Sande des tertiären Meeressandes; sie sind aufwärts nach den Ockertongruben zu überlagert von diesen Ockertonen (Septarienton und Cyrenenmergel), wie bei Battenberg, über welchen nach der Höhe zu die tertiären Kalke folgen. Unter der in der Taf. IV dargestellten Wand eines lockeren, leichtzerreiblichen mürben Sandsteins, der die Bezeichnung „Stein“ fast nicht verdient, konnte man früher noch eine Lage grosser und kleiner Blockgerölle feststellen, welche sich, wie in dem Bild Taf. II von Dürkheim, an die ausgebleichten, hier feinkörnigen, glimmerreichen Sandsteine des unteren Oberen Buntsandsteins anlagern und z. T. aus diesen Schichten entnommen sind. Vom Anlagerungsrand nehmen die Gerölle sehr rasch an Grösse und Zahl ab; in dem Bild selbst finden sich in der Mitte der Wand noch zwei etwa handhohe Gerölllagen, welche ungefähr 1,50 m von einander entfernt sind; darnach sind die Grössenmasse überhaupt leicht abzuschätzen.

In dem mittleren bis oberen Teil des Aufschlusses sieht man nun eine grosse Anzahl ganz gleichmässig nach links convexer heller Streifen; die stärkste Ausbauchung der Convexität dieser Streifen ist oberhalb der oberen Gerölllage; in dieser Gerölllage selbst haben die Bogen alle einen ganz gleichmässigen scharf rückwärts gerichteten Einschnitt; hiermit stimmt auch überein, dass an der tieferen Gerölllage die Bogenlinien scharf und weit zurückspringen und hier überhaupt enden; in der tieferen Sandlage sind sie hier nicht zu bemerken, nur etwas weiter nach links konnte ich sie an einer Stelle ausserhalb des Bilds noch nachweisen. Nach oben zu verlieren sich die Streifen nach einer Stelle hin, welche eine Art vorragende Verwitterungskante bildet, also von höherer Festigkeit zu sein scheint.

Nach den oben gegebenen Kennzeichen würde die stärkste Ausbiegung der grossen Bogen nach links die Richtung des Vordringens der Durchsinterung andeuten; dann würden die Lagen der Gerölle als Verzögerungslagen zu deuten sein. — Man ist nun leicht versucht und ich war es auch zuerst*), zu glauben, dass eine solche Lage von Geröllen durchlässiger sein müsste; dem ist aber nicht so; Landesgeologe Dr. Schwager in München hat hierüber einzelne Beobachtungen an Gerölllagen und feinkörnigem Sande gemacht, welche das Gegenteil beweisen; in der Tat müssen auch hier die festen Sandsteingerölle einen grösseren Widerstand bieten, als die gleichen Raumgrössen sehr wenig gebundenen, lockeren, feinkörnigen Sandes, von der Kapillarität ganz abgesehen.

Somit steht dem Ergebnis nichts entgegen, dass diese Durchsinterung von rechts nach links d. h. von der Anlagerungsfläche des Meeressandes an den steilen Buntsandsteinrand ausgegangen ist. Dem widerspricht nicht die Lagerung des Verdichtungsrandes d. h. des Randes höchster Wirkung.

Da die gelbe Farbe der zwischen den weissen Bändern liegenden Zwischenbänder gegen die Grundfarbe des umgebenden Meeressandes nicht verstärkt, sondern eher eine kleine Farbenstufe heller geworden ist, so kann man sagen, dass hier eine Bleichung des tertiären Sandsteins in Form der Durchsinterungs-Bänderung vor sich gegangen ist und dass diese Bleichung vom Buntsandstein hergekommen ist; entfärbte und nicht entfärbte Gesteinsränder stossen hier wie dort mit scharfen Grenzen an einander.

Wir haben oben S. 88 ausgeführt, dass nach Abschluss der Meeressandbildung und der oberflächlichen Abführung der aus dem Buntsandstein gelösten Eisensalze der Auftrieb der eisenentführenden Lösungen noch lange andauert habe, aber nicht mehr durchgängig die früheren hochgelegenen Quellpunkte erreicht habe und dass die Lösungen schon im Innern des Buntsandsteingebirgs der Hydro-

*) Vgl. Berichte des Oberrh. Geol. Vereins 1910 S. 27, Fig 4.

xydierung unterlegen seien; ein solcher, tieferer aber immer noch hoch genug gelegener Quellzug wäre bei Neuleiningen in den Meeressand von der Seite her aus dem Buntsandstein übergetreten und hätte die erwähnten weissen Bänder erzeugt.

Es handelt sich vielleicht hier auch um einen vorübergehend stärkeren Quellauftrieb, der auch bei Battenberg in höherer Lage in den obersten Meeressanden während des Absatzes die schneeweiss gebleichten tonigen Einlagerungen, die Kieselsäure- und die Barytausscheidungen verursacht haben könnte. Damit wäre eine sehr naheliegende Zeitbestimmung der Durchsinterung gegeben.

In den nördlich des Burgberges von Neuleiningen gegenüberliegenden Meeressandaufschlüssen zeigt sich noch das Auftreten vereinzelter weisser Bänder, wovon ein breiteres die Grenzlinie von grobem Quarzkies und Sand in flachem Winkel aufsteigend überschreitet und dann wieder unter die Grenze zurücksinkt; es liessen sich hier keine deutliche Beziehungen zu dieser Schichtgrenze feststellen.

2. Die Durchsinterungsanzeichen am Felsenklotz des Sphinx von Giseh.

In nicht leicht zu überbietender Weise, was Schärfe der Ausprägung und Schönheit des Aufschlusses betrifft, zeigen sich die Durchsinterungserscheinungen an dem Sphinx von Giseh, welcher bekanntlich von der Spitze des Kopfes bis zum Beginne der Vorderbeine und bis zum Hinterende des Leibes aus natürlichem Felsen besteht; es sind tertiäre Kalke der unteren Mokattamstufe (Eozän); die Höhe des Bildwerkes vom Scheitel abwärts beträgt 20 m, die Länge über 50 m; die Höhe ist in Taf. V auch an der menschlichen Gestalt abzuschätzen.

Unsere Abbildung Taf. V zeigt die nach Osten gewendete Vorderseite und die hintere Hälfte des rechten Vorderbeins, welches links verschüttet ist; diese sind bekanntlich aus Gesteinsplatten künstlich angefügt.

Man erkennt an der Vorderseite des Felsens tiefe, wagrechte, abgerundet-hohlkehlenartige Einschnitte und

Vorsprünge, wie starke Gesimse, welche als schichtartige Lagen sich ohne weiteres deuten lassen; ihnen entsprechen in der Tat auch einige scharf gezeichnete Schichtfugenlinien, welche besonders im Kopfabschnitt deutlich sind. Diese wagrechten Vorragungen und Einschnürungen setzen sich auch rings um den langen Leib herum ganz schichtmässig fort; man erkennt sie auch in unserem Bilde an dem noch sichtbaren Teil des linken Hinterschenkels.

Das Schichtmässige zeigt sich aber auch darin, dass z. B. die vorragenden Lagenzonen eine ganz besonders rauhe Verwitterungsoberfläche haben; bei grösseren Photographien sieht man ein Netz von Vorragungen und von durch den Wüstenwind ausgeblasenen unregelmässigen Zellen, während die stärker ausgenagten, tief liegenden, wagrechten Hohlkehlen um den ganzen Körper herum glatt sind.

Ueber diese deutliche Lagerungsskulptur, welche durch Auswitterung des Wechsels von ungefähr 9 harten und ungleichmässigen einerseits und 9 weicheren gleichmässigeren Lagenzonen andererseits entstanden ist, zieht nun auch eine freilich viel geringere Querskulptur, welche über fast sämtliche Schichtgesimse hinübergreift und mindestens handhoch bzw. armsdick sein muss (man vergleiche die danebenstehende menschliche Gestalt von nahezu 2 m Länge). Diese Querleisten, welche in den stärksten etwa 40 cm von einander entfernt sind, haben ein ganz bestimmtes Kennzeichen: in den vorragenden, rauhfächigen Gesimsen werden sie etwas weniger deutlich, verschwinden sogar stellenweise, jedoch zeigen sie sich überall nach links gebauht; in den Vertiefungen mit glatter Oberfläche sind sie ebenfalls gleichmässiger, sind stärker ausgeprägt und zeigen eine Bauchung nach rechts; in den weicheren Gesteinslagen springen sie nach rechts vor, in den härteren nach links zurück. Wenn wir nun hinzufügen, dass diese Rippen im Querschnitt nicht gleichmässig, sondern einseitig sind und dass sie einen Steilabfall haben, der auf der Seite des stärkeren Vorspringens

der Streifen liegt, so haben wir eine volle Wesensgleichheit mit den Durchsinterungsstreifen in unseren heimischen Vorkommen. Der morphologische Unterschied z. B. mit dem Anwitterungsbild (vgl. Fig. 2 S. 103) der Durchsinterungsstreifen in den Myophorienmergeln besteht darin, dass bei dem Sphinx der harte, rauhe und innerlich höchst unregelmässig zellig struierte Kalk verzögernd wirkt und dass die gleichmässigeren, etwas mergeligeren Zwischenlagen hier als befördernd bezeichnet werden müssen.

Währenddem auf der rechten Seite des Bildes die zurückspringenden Linien nicht stark abbiegen, zeigt sich dies aber oberhalb jener Stelle, wo von unten herauf eine brustbeinartige mittlere Vorrangung durch die Hälfte der Brusthöhe nach oben verschwächt hindurchzieht; es beweist, dass diese „sternale“ Erhöhung eine natürliche quere Kalkverstärkung eine „Riffsäule“ ist, welche lösungsverzögernd wirkte und nicht etwa eine künstlerische Zutat des Bildners ist. — Noch stärker nach der Horizontale springen die Durchsinterungsleisten in der unteren Halsregion zurück, wo sie eine Schichtfuge unter ganz spitzem Winkel schneiden; sie sehen hier fast wie Böschungsschichtung aus. *)

Die besprochenen Leisten sind nun nicht nur auf der Ostseite auf der Brust zu sehen, sondern auch auf den nördlichen und südlichen Flanken des Leibes; sie treten aber auf den Photographien hier weniger gut vor, weil sie entweder in tiefem Schatten oder in strahlender Sonne liegen; während die Streifen der nördlichen Brusthälfte sich bei der gewöhnlichen Beleuchtung ausgezeichnet hervorheben. — Die Streifen sind allerdings nicht überall gleich gut ausgebildet; es lässt sich aber doch feststellen, dass das Vordringen der Durchsinterung nicht rein nach N. d. h. in der Flächenrichtung der nach O. gewendeten Brustebene liegt, sondern von SSO nach NNW stattgefunden haben muss.

*) Nach Prof. Blanckenhorn besteht der Hals aus einem weichen mergeligen Kalk, während das Gestein des Kopfes als härterer, etwas kieseliger Kalk bezeichnet ist.

Auf der linken Körperseite des Sphinx sieht man am Hals die Durchsinterungstreifen in der gleichen Schicht weiter hinaufreichen als es nach rechts zu der Fall ist; es scheint hier auch ein unteres Stück des Haarschopfs zu fehlen, der dreieckig steil nach vorne herabfallend dargestellt ist, während er in gleichmässiger Rundung als Mähne den Hinterkopf umwallt. Entweder hat an der Stelle schon von Anfang an Gesteinsmaterial gefehlt, um den Kopf ganz gleichseitig zu gestalten und es ist hier ein wenig bearbeiteter Teil alter Oberfläche geblieben, oder es ist zwischen der oberhalb der deutlichen, unter dem Kinn hinziehenden, und der unterhalb der die Lippen durchschneidenden Schichtfuge an einer steileren Gesteinspalte nachträglich ein Stück ausgebrochen und es erscheinen die Durchsinterungstreifen angewittert an dieser wahrscheinlich lange klaffenden Spaltfuge, während sie in der seitlichen Festsetzung der gleichen Schicht am Kinn an der offenen Oberfläche fehlen; hier ist das Gestein stark abgemeiselt und geglättet.

Dies lässt folgenden Gedanken aufkommen: die ausserordentlich feine Glättungsbearbeitung des Gesichts und Kopfs hat natürlich die etwa vorhandenen durch Verwitterung hervorgehobenen Durchsinterungstreifen verschwinden lassen; infolge der sehr geringen Verwitterung, welche aber seitdem die Gesichtsteile erfahren haben, sind sie noch nicht wieder aufgetreten. Darnach dürfte man schliessen, dass der übrige Körper den vorhandenen Zustand starker Anwitterung nicht erst nach einer Ummeiselung des Felsens zum Sphinx erfahren hat, sondern schon lange vorher; dies scheint auch aus Folgendem hervorzugehen:

An dem unteren Teil des Körpers zeigt sich, dass die regelmässige Stückmauerung, aus welcher die Vorderfüsse und die Pranken hergestellt sind, auch an dem Körper hinauf fortgeführt war; an der rechten Körperseite geht sogar eine Mauerungsverkleidung bis über $\frac{1}{3}$ der Brusthöhe hinauf; es zeigt sich nun 1) dass die horizontale Hohlkehlen der Verwitterung hinter dieser Mauer mehrfach

auf beiden Seiten fortsetzen, also offenbar älter wie die Mauern sind, 2) dass auf der rechten Seite unten (aber auch -- scheint es -- links), um den tieferen Teil der Mauer fest und satt anzusetzen, aus dem tiefsten vorspringenden Verwitterungsgesims ein gewisser rechteckiger Teil nischenartig herausgehauen ist.

Man könnte daraufhin folgende Anschauung aussprechen: Das ganze Verwitterungsbild des Felsens beruht nicht auf einem neuzeitlichen Vorgang,*) sondern ist älter als die bildmässige Umgestaltung des Felsens zum Sphinx; der ganze Felsen ist wahrscheinlich mit einer Plattenverkleidung ähnlich jener der Füsse umgeben gewesen und nur der Kopf ist glatt aus dem Felsen modelliert.

Wahrscheinlich hat das Spiel der Natur das Bild eines langgestreckten sogenannten Inselberges mit einem dem Niltal zugewendeten, oberen, kopfartigen Aufsatz über einer stärkeren Einschnürung, — wie solche Verwitterungsformen z. B. im Buntsandstein der Rheinpfalz nicht selten sind, — die Phantasie des Volkes, des Herrschers oder seines Künstlers veranlasst, das Bildwerk zu schaffen, und bestand nicht von Anfang an der übermenschliche Plan, aus einer rohen, gestaltlosen Felsmasse den Sphinx als Königsdenkmal herauszumeiseln. Auch in dieser Auffassung wird der Sphinx von Giseh doch als das pyramidenhafteste aller Bildwerke der Welt festgehalten werden müssen; zugleich bietet es aber auch wohl den grossartigsten Aufschluss einer „Durchsinterung“ an einer geschichtlich wie künstlerisch gleich bedeutungsvollen Stelle.

3. Die Entstehung der Durchsinterungsbänder.

Eine völlige und einheitliche Umwandlung grosser Gesteinsmassen oder Gesteinsmassive ist nur denkbar unter einer hochgespannten Zufuhr von Umwandlungsbeding-

*) Da dieser Teil die längste Zeit des etwa 4000 Jahre langen Bestehens des Bildwerks im Wüstenschutt begraben war, ist auch nicht einzusehen, warum hier die Verwitterung so ausserordentlich viel stärker eingegriffen haben sollte als am Kopf, der nach der Uebereinstimmung aller niemals vom Wüstensand bedeckt war.

ungen, welche das eigentlich nötige Mass zu der gedachten Veränderung an allen Stellen und zu jedem Zeitpunkt des Vorgangs ganz erheblich überschreiten; damit ist auch zugleich gesagt, dass die hierbei stattfindenden Bewegungsvorgänge in Zufuhr und Abführung sehr stark sind und keine irgendwelche Unterbrechung zulassen. — Wir denken hierbei z. B. an die oben geschilderte rasche Entfärbung des mehrere 100 m mächtigen Buntsandsteins in einer nicht unbeträchtlichen Breite (s. oben) am ganzen Haardtgebirgsrand.

Sobald dies aber nicht der Fall ist, würde sich wie überall ein mehr oder weniger regelmässig unterbrochenes Wachstum, ein Anschwellen und Abflauen der Wirkung, jenes im Aufbauen mit Steigerung der Widerstände, dieses mit Abbauen der Widerstände selbst bemerkbar machen.

Wir fassen zunächst ein Karbonatgestein (Kalk, Mergel, dolomitischer Kalk etc.) ins Auge, das seit seiner Entstehung zum ersten Male durch tektonische Zertrümmerung unter Einschluss der Schichtfugen in mehr oder weniger grosse Schollenwürfel geteilt ist und so auch zum ersten Male mit den Versitzwassern von der Erdoberfläche her in Berührung kommt; was die Lösungsfähigkeit, wohl auch die Nachschub- und Ersatzmöglichkeit betrifft, so sind diese Wasser sicher nicht als hochgespannt zu betrachten; es werden, besonders in der älteren Zeit dieser neuen Gesteinsperiode, Druck- und Ersatzbedingungen sowohl wie die Lösungsfaktoren selbst, Gas- und Salzgehalt, noch keine gesteigerten sein.

Wir nehmen an, dass eine Gesteinsfläche von der Spalte her mit dem Versitzwasser in Berührung komme; so wird die vordringende Wasserschicht unter dem Einfluss der Kapillarität und des Drucks der überstehenden Wassermenge in das Gestein eindringen; das Wasser wird hierbei kohlensauren Kalk nach Massgabe seines Kohlensäuregehaltes auflösen und nach innen mit sich fortführen, bis eine gewisse Höchststärke des gelösten Kalkgehalts erreicht ist und eine weitere Auflösung nicht mehr stattfinden kann. Es wird nun recht wenig Kalkgesteine

geben, welche nicht auch gewisse Mengen Magnesium- und Eisenkarbonat enthalten, auch diese Mengen werden gelöst, wenn Druck und Temperatur je nach der Tiefenlage des Gesteins unter der Oberfläche sich steigern. Nun enthalten aber diese Versitzwasser auch Sauerstoff; unter seinem Einfluss kann nun das Eisenkarbonat oxydiert und hydroxydiert werden; das Eisenoxydhydrat tritt in colloidalen Lösung auf und es besteht die Möglichkeit, dass es bei weiter steigendem Kalkgehalt des Wassers ausgefällt wird und bei dieser Ausfällung Kohlensäure adsorbiert; dies mag nun wieder die Ursache einer Ausfällung des über Sättigung gelösten Kalks sein, die, wenn sie einmal begonnen hat, auch stark fortschreitet; hierdurch wird wieder verdünnte Lösung von Kalk und Kohlensäure frei. — Unter dem andauernden Druck und der Wirkung der Kapillarität des noch nicht von Wasser betroffenen, nächst angelegenen Gesteinskörpers zieht diese verdünnte Lösung über jene scharfe Grenze hinaus, welche vorher als Grenze der Lösungsfähigkeit der eindringenden Flüssigkeit, ihrer höchsten Viscosität und der noch unverminderten Durchlässigkeit des noch unberührten Gesteins eine gewisse Staugrenze, eine Grenze des verzögerten Vordringens gewesen war, woselbst sogar ein langsamer Diffusionsaustausch der verstärkten Lösung und des nachrückenden Lösungsersatzes als eine kurze Stilllegung des Vorgangs gewirkt haben kann.

Ueber diese Grenze hinaus, welche der äusseren Gesteinsoberfläche ungefähr gleichartig betrachtet werden darf, geht also nun der Vorgang, vielleicht etwas verschwächt, aber durch Verlängerung der Zeit der Wirksamkeit auf ein vergleichbares Mass gebracht, wieder vorwärts.

So mag Schale auf Schale entstehen; es werden bei jedesmaligem Nachschub die äusseren Ausfällungsschalen im Gesamtergebnis verstärkt werden und dazwischenliegende Zonen an ihrer Bindung verlieren; hierdurch wird die Lösungsfähigkeit des wieder nach innen erstmalig vordringenden Wassers verringert; es wird ein

verhältnismässig grösserer Weg bis zur Erreichung der zur Ausfällung nötigen Lösungsstärke nötig sein; das letztere wird auch dadurch tatsächlich erreicht werden, dass bei der Durchdringung von (auch unregelmässig) würfelig begrenzten Gesteinsschollen in deren Inneren auf einen kleineren Umfang doch ähnliche hydraulische Druckkräfte wirken wie auf deren äusseren Umfang; es wird hier die Flüssigkeit weiter nach innen vordringen, wie vergleichbare Verhältnisse an den Ecken zur Abrundung führen (vgl. oben S. 102). Die Schalen rücken hier weiter auseinander, wie dies tatsächlich bei den untersuchten dolomitischen Ockerkalken der unteren Lettenkohle Frankens der Fall ist. Diese Ausführungen gelten für die oben angeführten Gesteine mit Einschluss des Felsens von Giseh.

Was nun die Erscheinung der Durchsinterung bei Neuleiningen betrifft, so haben wir hier lediglich Bänder starker Fortführung eines ursprünglich gleichmässigen Eisengehalts des Meeressandes. Wir haben an dieser Stelle gar keine Anzeichen des Neuabsatzes, der bei allen beobachteten früheren Beispielen allerdings vereinzelt in ganz geringen Linien von Limonit ausfällung schon nachzuweisen ist. Dieser sollte hier aber besonders ausgeprägt zu erwarten sein; er fehlt aber innerhalb der Bänderzone, welche überhaupt etwas, wenn auch nicht viel heller gefärbt scheint, ganz und gar.

Wir haben hier daher hinsichtlich des Gasgehaltes kein gemischtes atmosphärisches Niederschlagswasser anzunehmen, sondern ein einheitliches, nicht oxydierendes Mineralwasser d. h. ein kohlensäurehaltiges Wasser, dessen Wirkungsstärke und räumlicher Umfang allerdings im Verhältnis zu jenem geringfügig sind, welche z. B. die Entfärbung des Buntsandsteinrandgebiets verursachten.

Wir haben hier, auch ohne dass Ausfällungen durch Hydroxydierung eingetreten sind, doch wieder auch zonenweise eine Steigerung der Lösungsaufnahme bis zur Höchststärke und einen dementsprechenden Stillstand der Lösungstätigkeit vor einer noch unberührten, verhältnismässig

weniger durchlässigen Vorzone; darauf erfolgt erst allmählich wieder ein Lösungsaustausch (Verteilung des gelösten Salzes) nach hinten und Vordringen des Lösungsmittels (Kohlensäure) mit schwachem Gasdruck nach vorne, wonach der Vorgang von neuem einsetzt.

Die Stärke des Vordringens des Vorgangs ist übrigens nicht überall gleich; unmittelbar neben der Hauptwand zeigt sich links an einem rechteckigen Abbruch ein breit röhrenartiges Vordringen der Durchsinterung, welche also in einzelnen Richtungen rascher vorwärts schreitet. — Erst weiter draussen von der Anlagerungsstelle des Meeresandes weg mögen in der Nähe der sicher vorhandenen Ablagerungsböschung von oben eindringende, gemischte atmosphärische Gase enthaltende Wasserzuzüge das gelöste Eisenkarbonat zu Limonit umgewandelt haben, soweit es nicht vorher in feiner Verteilung als Karbonat im Meeresand schon zur Auskrystallisation kam. — Dass mit der starken Bleichung auch tatsächlich Eisen in Lösung ging und oberflächlich wieder rasch oxydiert wurde, das beweist die oben mehrfach mit dem inneren und tieferliegenden Vorgang bei Neuleiningen verglichene Ablagerungszone in den höchsten Meeressandschichten bei Battenberg, wo neben den ganz weissen sandigen und glimmerigen Ockertonen noch einmal sehr stark eisengefärbte Sande und Tone auftreten.

Wir erkennen in den Durchsinterungsbändern eine gewisse Aehnlichkeit mit den bänderartigen Ausfällungen, welche nach R. E. Liesegangs schönen Versuchen bei Diffusionsvorgängen entstehen; er weist auch schon auf die Aehnlichkeit mit den „Verwitterungsringen“ hin (vgl. Geologische Diffusionen 1913, S. 106). Zur Annahme von Diffusionsvorgängen hier wäre aber notwendig die Voraussetzung, dass im Innern der Gesteine schon eine Lösung vorhanden wäre und dass diese Lösung einen bemerkbaren Unterschied gegen die hinzutretende neue darstellte; ausserdem müssten wir annehmen, dass das Eindringen der ersten Lösung ohne jede Spur von Aenderungen in die Gesteine

gelangt sei und erst das Hinzutreten einer zweiten die Veränderung verursacht habe; wir vertreten aber die Ansicht, dass die erste Durchsetzung der Gesteine schon überhaupt nicht ohne gewisse für alle späteren Nachwirkungen grundlegende chemische Veränderungen vor sich gegangen sein können, welche eben durch die Durchsinterungsanzeichen, wie ich sie festgestellt und zusammengefasst habe, ihre Ausprägung erhalten haben.

Da ferner die Umwandlungszustände, wie sie uns in der Gegenwart vorliegen, nicht das Ergebnis eines einmaligen sehr starken Vorgangs sein können, sondern — wie man z. B. bei der zur Kugelbildung führenden Durchsinterung alle möglichen Teilstufen zu beobachten Gelegenheit hat — erst eine Folge sich allmählich zusammenreihender und dadurch sich verstärkender Vorgänge sind, so müssten die verschiedenartigen von aussen nach innen und umgekehrt diffundierenden Lösungen auch wieder stetig und wechselmässig gleichartig ersetzt werden; für die bei Gesteinsschollen rings von aussen nach innen wirkenden ist dies möglich; hier ist unermesslicher Ersatz denkbar; wie aber für die im Innern jener befindliche, nach aussen diffundierende, welche an und für sich dem Volumen nach eine sehr beschränkte ist? Wir stehen hier vor grossen Schwierigkeiten und die Vorstellungen, über die wir bis jetzt verfügen, lassen uns in Diffusionsvorgängen keine befriedigende Erklärung finden; unsere oben gegebene Darstellung des möglichen Vorgangs soll indessen vom Verfasser, der kein Chemiker ist, auch nur mit dem Vorbehalt als befriedigend bezeichnet werden, als sie sich der geologischen und morphologischen Seite der Erscheinung bis jetzt am engsten anpasst.

