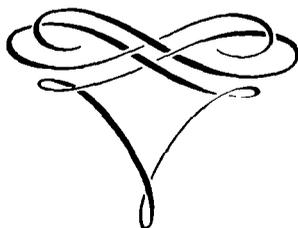


Geologische Studien aus der Umgegend von Bad Dürkheim

von

Dr. Otto M. Reis, München.

Mit 2 Textbildern und 5 Tafeln.



I.

Ueber einen auf Tätigkeit mariner Bohrwürmer hinweisenden Block unter den sog. Küstenblocksanden (Konglomeraten) bei Bad Dürkheim.



Der südliche bis südöstliche Teil der Stadt Dürkheim liegt auf einer intensiv braungelb gefärbten Masse von Sand mit Quarzkieseinlagerungen, die nach O zu bis in die Gegend des Westendes des Kurgartens auf festem, felsigen Bundsandstein aufgelagert ist. Letzterer ist im Gegensatz zu ersterer über 50 m mächtigen Aufschüttung lockeren Sandes weisslich gebleicht. Die zur Rede gebrachte Sand- und Kiesmasse ist in ihren feineren Kornlagen undeutlich horizontal geschichtet. Gegen den Anlagerungsrand an den nach dem Gebirge zu d. h. nach SW, W und NW steil aufsteigenden Buntsandsteinuntergrund mehren sich die groben Gerölle, unter welchen eine ausserordentlich grosse Zahl Sandsteingerölle sind, d. h. die von dem nahe anstehenden Buntsandstein selbst stammen. Diese Gerölle sind nicht rundlich, viele davon allerdings nur mässig kanten-abgerundet, aber doch so geglättet, dass man die Tätigkeit heftiger Wasserbewegung bei ihrer Gestaltung nicht verkennen kann.

Neben den Geröllen von Buntsandstein sind durch ihre Zahl, besonders in den höheren Lagen, dunkle bis blauschwarze, dichte, harte Gerölle in allen Grössen auffällig, welche sich als Hornsteine des mittleren Muschelkalkes bestimmen lassen, neben welchen auch andere hellgraue Hornsteine auftreten, die aus den darunterliegenden oberen Trochitenschichten des Wellenkalks ausgewaschen sind und als widerstandsfähigster Gesteinsteil einen

längeren Transport durchmachen konnten, währenddessen die sie ursprünglich einschliessenden, an und für sich schon verwitterten Kalke und Dolomite hierbei völlig zerrieben und verschwemmt sind. Die nächsten dem Hardtrand benachbarten Anstehen der diese Gesteine in Knollen und Bänken führenden erwähnten Formationsabteilungen sind bei Forst (Pechsteinkopf) und Neustadt zu erwähnen; sie haben aber dort so geringe Verbreitung, dass die Herkunft dieser zahllosen Gerölle bei Dürkheim von anderen weiter südlich gelegenen Oertlichkeiten mit stärkerer Ausdehnung der Muschelkalk-Anstehen sehr viel näher liegt, etwa von der Gegend von Albersweiler, Frankweiler nach Weissenburg zu und darüber hinaus. Im Meeressand von Neuleiningen und Battenberg fand ich diese Gerölle nicht mehr.

Neben diesen Geröllen kommen noch rundliche Knollen eines quarzitisierten Sandes vor, auf welche insbesondere P. Kessler in den Mitteilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen VII aufmerksam macht; er vergleicht sie mit den sogen. „Glasierten Blöcken“, wie sie im Diluv der Pfalz als Gerölle einer älteren Ablagerung auftreten, und meist durch äolische Wirkungen eine glänzend glatt geschleuerte Oberfläche besitzen. — Die kieselige Bindung ist in den in den Sanden und Geröllablagerungen von Dürkheim vorkommenden Einschlüssen nun bei weitem nicht so stark; es ist nun die Frage, ob sie der Ablagerung als Geröll angehören oder als Konkretionen, welche ich auch in zweifellos primärer Lagerung südlich vom Ausgang des Margaretentals bei Forst in einem Meeressandvorkommen an den Buntsandsteinrand angelagert fand; hier zeigen sich auch kuchenförmige Quarzite ganz ähnlicher Art in alten Sandfüllungen von Buntsandsteinspalten (vgl. hierzu die Ausführungen in den Berichten des oberrhein. geol. Vereins 1910. S. 25—27).

Es haben auch zweifellos einzelne eine gesetzmässige Gestaltung wie von einer Schicht ausgehende in ihr Liegendes vordringende knollige, dickzapfige Erhärtung. An-

dere, besonders solche mit eingebackenen dicken Quarzen, lassen an letzteren erkennen, dass sie heftig gerollt und sehr stark abgeschliffen sind wie die mitabgelagerten Buntsandsteinbrocken. Woher stammen nun diese Quarzite? Kessler denkt an Braunkohlenquarzite, welche ja im allgemeinen miozänen Alters sind, so dass die Schotterablagerung von Bad Dürkheim vielleicht als pliozänen Alters gedacht werden müsste, also dem Bereich der Weissen Sande und Tone von Riedselz, Erpolzheim und Grünstadt, als Vertreter einer bekanntlich im Rheintalgraben sehr verbreiteten Ablagerung angehören würde.

Quarzite, wie die erwähnten von östlich von Forst am Gebirgsabbruch, finden sich auch am Haardtrand bei Battenberg und zwar in der oberen Zone der Battenberger Sandsteine, an der Grenze gegen die Farberden als quarzitisierte Sande und Tone z. T. mit Pflanzenresten. An der Stelle der Auffindung der Quarzite in Bad Dürkheim befinden wir uns nun in der höchsten Region der gesamten Ablagerung und ganz in der Nähe einer in die Konglomerate eingeschalteten Ablagerung eines hier in allen hohen Kiesgruben nachweisbaren, allerdings sehr wenig mächtigen graugrünen Tons in Begleitung von ockerigen sandigen Tonen. Ausserdem zeigt das in Tafel 2 I. Fig. gegebene Profil, dass während der Ablagerung der Sande ältere Böschungsabschnitte abrissen und abrutschten, welche Teile älterer Ablagerung hier fortwährend in jüngerer Zeit zur Umlagerung brachten; auch in der Gegend von Battenberg lassen sich Böschungsbewegungen in dieser und älterer Zeit der Meeressandbildung nachweisen, so dass es nicht undenkbar ist, dass gewisse durch Kieselsäureausfällung rascher gehärtete Teile des Meeressandes selbst sehr wohl in die jüngeren, höheren Absätze als Gerölle hineingeraten konnten; ich erinnere hierbei nochmals an die Quarzitkonkretionen und quarzitischen Brekzien an den randlich gelegenen Buntsandsteinspalten, welche ungefähr das Alter des unmittelbar randlich davorliegenden oberen Meeressands besitzen, in welchen ebensolche Konkretionen aufgefunden wurden.

Weiter ist in den Sanden von Dürkheim zum Vergleich mit Battenberg zu erwähnen, dass gewisse allerdings an Dicke sehr geringen Einlagerungen von feinkörnigem, mehr tonigem Sand sehr eindringliche Rotfärbungen aufweisen, welche nicht auf einfache Weise entstehen, also auch eine gewisse Bedeutung als leitende Formationskennzeichen verdienen.

Das Blatt Speyer der geologischen Karte der Rheinpfalz hat nun diese Ablagerungen als tertiäres „oligozänes Küstenkonglomerat“ bezeichnet. Es ist das so zu verstehen: es hat sich unmittelbar nach dem orographisch in der Rheintalebene zum Ausdruck kommenden grabenartigen Einbruch an zwei Hauptbruchsystemen, von denen das westliche eben den noch jetzt deutlich steil aufsteigenden Hardtrand bildet, das Meer in der entstandenen Senke ausgebreitet; an den Steilrändern sind die reichlich gelockerten Buntsandsteinschichten einer Art Brandungswirkung unterlegen und hier haben sich hoch hinaufreichende untermeerische Brandungsschutthalden gebildet. Es scheint die Auffüllung des Beckens von Süden her stattgefunden zu haben, womit auch übereinstimmen könnte, dass in der Dürkheimer Ablagerung noch Wellenkalk- und Muschelkalkhornsteine auftreten, welche man weiter nordwärts über Battenberg nach Asselheim nicht mehr in gleichartigen Küstenschuttkonglomeraten findet.

Mit der Nennung letzterer Oertlichkeit: Asselheim ist auch gleichzeitig der weitere Verlauf von vergleichbaren Ablagerungen gekennzeichnet, welche das Blatt Donnersberg der geologischen Karte der Pfalz demnächst näher darlegen wird; eine Reihe von Fundpunkten am Hardtrand (Buntsandstein) verbindet nun die Ablagerung von Dürkheim mit den nördlichsten, am eigentlichen Hardtrand gelegenen Vorkommen von Meeressand bei Asselheim; hier besonders, sowie bei Neuleiningen und Battenberg ist die Ueberlagerung einer in allen Punkten sonst ganz gleichartigen Küstenbildung durch höhere tertiäre Schichten, wie Septarienton, Cyrenenmergel, Cerithienkalke und Cor-

bicula Litorinellenschichten unzweifelhaft, wonach die Dürkheimer Konglomerate auch den mitteloligozänen Meeressanden zuzurechnen wären.

P. Kessler vermutete in seiner oben angeführten Abhandlung, dass die Ablagerung pliozänen Alters sei, d. h. dem Abschluss der tertiären Absätze angehöre, welche in der ganzen Pfalz vorgestellt wird durch eine höchst gleichmässige weitverbreitete Anschwemmung hellweisser Sande und Tone von weisser, hellgrauweisser und graulicher und blassrosaroter Färbung; nur gegen die Auflagerungsgrenze der diluvialen Schotter werden bisweilen die obersten 0,5 m dieser weissen Sande von oben her etwas mit Eisenoxyd-durchsinterung gefärbt. Auch die „Randblockfazies“ dieser pliozänen Sandschichten, wie sie sich z. B. bei Eisenberg-Hettenleidelheim zeigt, ist ganz intensiv weiss; die Blockabrundung ist viel geringer; ausserdem spielen Muschelkalkgerölle in diesen Ablagerungen gar keine Rolle mehr, weil zu dieser Zeit die randlichen Auftreten dieser Formationsabteilung in umfassenderem Masse bedeckt waren, als es heute der Fall ist und als es zur Zeit der oligozänen Meeressande überhaupt sein konnte. Damals waren sie der ersten Abtragung in grossem Umfang ausgesetzt.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, wurde die Altersbestimmung der Dürkheimer Schotterablagerung bis jetzt auf morphologische und petrographische Kennzeichen begründet, welche Unterschiede und Gleichheiten mit anderen Ablagerungen einschliessen; wie die übrigen Oertlichkeiten mit noch erkennbarer altersmässiger Reihenfolge von unten nach oben erkennen lassen, halten sich nach der Art der Verbreitung die tiefsten Schichten der Tertiärreihe — eben die Ablagerungen nach Art der Dürkheimer Blockkiese und Sande — an den Buntsandsteinrand, während deren jüngere Abteilungen sich vom Rheintalrand in Schichtenneigung nach Osten absenken oder gar in Längsbrüchen niedergesunken sind; hierdurch wird das Bild des Küsten-Konglomerats deutlich, da zugleich auch die

übrigen, höheren tertiären Abteilungen von dem Haardtrand her in wechselnder Weise bis auf das älteste Glied und seine Buntsandsteinunterlage abgetragen sind.

Die Schichten unter den erwähnten aus kalkigen und lettigen Absätzen bestehenden Corbicula-, Cerithien- und Cyrenenschichten sind nun nicht nur durch ihre Ablageungsfolge als älteste Glieder des pfälzischen Tertiärs gekennzeichnet, sondern auch durch die Einschlüsse von Schalenresten; es sind gewisse Fundorte mit den zahlreichsten Versteinerungen weltberühmt, wie die von Weinheim bei Alzey; das Vorkommen von Petrefakten ist aber im Meeressand sehr wechselnd, unmittelbar westlich von Weinheim nimmt es sehr rasch ab; in der weiteren Umgebung von Kirchheimbolanden sind viele Aufschlüsse, welche gar keine Petrefakten bieten und nach langen Besuchen nur ganz vereinzelt Funde, wie einen Notidanidenzahn, geliefert haben; an einer Stelle in Kirchheimbolanden selbst konnte ich aber die ganze Weinheimer Fauna nachweisen und zwar in einer örtlich sehr beschränkten, ganz bestimmten geröllarmen und feinsandigen Gesteinsausbildung; auch die Fauna der darüberliegenden Lettenschichten ist in den gleichen Randgebieten arm und zeigt nur vereinzelt schlagende Leitversteinerungen.

Dies zeigt sich auch für den randlichen Zug der älteren Tertiärschichten zwischen Asselheim und Dürkheim. Die von R. Lepsius, Geologie von Deutschland S. 601 Anm. erwähnte *Ostrea cyathula*, die ihm vom Verschönerungspark von Grünstadt zugesandt wurde, stammt wohl nach meinen Funden aus sandigen Einschaltungen in den Cyrenenmergen. W. Bucher erwähnt von einem Aufschluss zwischen Asselheim und Mertenheim einzelne Durchschnitte von Schalen wie von *Pectunculus* (Geogn. Jahresh. XXVI. 1913).

P. Kessler macht nun über die Buntsandsteingeschiebe in den Sanden von Battenberg a. a. O. S. 178 die Bemerkung, dass man an ihnen hin und wieder runde Löcher finde, die auf Bohrmuscheln zurückzuführen

sind; hier anschliessend möchte ich auf einen neuen Fund ähnlicher Art in den Konglomeraten (Blockkiesen und Sanden) von Dürkheim aufmerksam machen.

Hinter den höher liegenden Häusern der Schillerstrasse, nächst der Abzweigung des Weges nach Seebach bzw. der Landstrasse Dürkheim-Seebach steht der Blockkies mit seinen Quarzsanden sehr schön an. Hinter der No. 49 taucht auch die Unterlage des Kieses auf und zwar in Schichten der oberen Hälfte des mittleren Hauptbuntsandsteins, im spärlich Gerölle führenden Felssandsteine. Die Schichten haben hier das nach dem Rheintal zu in SSO gerichtete Einfallen der äussersten Randschollen; der Sandstein wurde hier neben dem Sand gelegentlich zu Bausteinen gewonnen.

Das Bild 1 Taf. I zeigt diesen Sandstein. Die obere linke Ecke des Sandsteinfelsens ist schon durch die Sandanschwemmung gerundet und geglättet und auf ihm liegen neben den feinen gelben Sanden mit weissen Quarzen auch grössere Blöcke bis 1 m Durchmesser, wie ein solcher, scheinbar umgeben von grobem Sand und kleineren Sandsteinblöckchen in Fig. 2 Taf. I grösser abgebildet ist. Der Block ist gerade kantenabgerundet, er macht den Eindruck, als ob er nur wenig von dem Felsen selbst gemäss seiner Ablösung abgerutscht wäre und sich nach vorne geneigt hätte; auch stimmt hiermit die verhältnismässig wenig bis nicht veränderte Schichtneigung.

So erschien das Bild und so schien die Auffassung sein zu müssen zu der Zeit (Frühjahr 1914), als die photographische Aufnahme Tafel I, Fig. 1 u. 2 gemacht wurde; bis zum August 1914 hat aber der Besitzer der alten Grube bei einer Gartenanlage den Sandsteinkomplex freigelegt und es ist das in Tafel II dargestellte Bild, welches eine vortreffliche Uebersicht bietet, in einer nur sehr wenig schematisierten Skizze aufgeschlossen worden. Man erkennt den Buntsandsteinfelsen rechts, der in früher nicht bekannt gewesenum Umfang jetzt aufgeschlossen ist; er bildet in dem Meeressand aufragend eine Felsenklippe,

welche nach WSW, W und Nordwesten mehr oder weniger steil in den Meeressand untertaucht und in den bis 20 m tiefer gelegenen Meeressandgruben in der Richtung auf den Friedhof zu nicht mehr zutage tritt; auch nach Seebach zu reicht der Meeressand ohne sichtbare Buntsandsteinunterlage ziemlich tief herunter.

Nach S und SO fällt die Felsschichtung ein und ist mit dem Küstenkonglomerat bedeckt; jedoch zeigen sich oben im Bild Taf. II einige Sandsteinköpfe aus dem Meeressand auftauchend, welche nach scheinbar treppenartiger Stufe wieder aufragende Fortsetzung des unteren Felsens darstellen.

Ganz auffällig ist aber der Steilabfall des Felsens auf der linken, der nordöstlichen Seite, wo er scharf abgeschnitten vom Meeressand angelagert wird, welche Zusammenlagerung sich auch noch nach NW zu unter das Fundament des Hauses fortsetzt; dieser Steilabfall ist eine alte Klufffläche, wenn nicht gar eine Verwerfungsfläche selbst; bezüglich des Bildes ist zu bemerken, dass dieser natürliche Abbruchrand des Felsens sich in der Richtung des Pfeiles fortsetzt und dass der rechte Abschnitt (wenig mehr als die Hälfte des gezeichneten Buntsandsteinanstehens) abgesprengt ist; in ganzer Länge ist die Felskuppe etwa 18 m in der Richtung des Schichtstreichens vorragend.

Was nun noch die Meeressandablagerung betrifft, so ist der an den Buntsandstein angelagerte Teil des Konglomerats hellgelb bis gelbweisslich; er besteht aus ziemlich stark entfärbten Buntsandsteinbrocken, Muschelkalkhornsteinen, Quarzen und den besprochenen Quarziten; erst in einiger Entfernung von der Buntsandsteinrippe im Hangenden und in horizontaler Entfernung setzt die Eisenhydroxyd-Durchdringung ein, sie durchsetzt in einem gewissen Gesamtgrundton die Sand- und Kiesmasse, durchsintert aber auch gewisse horizontale Schichten in stärkerem Umfang; im allgemeinen erfolgt sie von dem Anlagerungsriff weg nach aussen. — Die Lagerung der Sande

ist schwach nach Aussen geneigt, fast horizontal. Immerhin müssen sich nach der Rheingrabentiefe starke Böschungen gebildet haben, welche von Zeit zu Zeit rutschten und weiter nach hinten gelegene Teile mitabrissen. So sind schon damals starkgefärbte Eisenockerablagerungen aus höherer Lage neben weissliche in tieferer wie in einer Verwerfung umgelagert worden. Der Ockerabsatz war in gewissem Umfang sehr bald nach der Schichtbildung abgeschlossen; was nun für den kolloidalen Eisenocker gilt, das gilt auch für die kolloidale Kieselsäure; es hat aber den Anschein, als ob die Kieselsäure rascher (schon in den Buntsandsteinspalten!) zur Ausfällung gelangte. Daher auch die weisslichen Kiesabsätze zunächst des Buntsandsteins verkieselten; denn ausnahmslos sind die gesammelten Quarzite farblos. — Nach den gegebenen Tatsachen ist es nicht zuviel angenommen, wenn wir die Quarzite als Gerölle des Meeressands im Meeressand ansehen; wir haben ähnliches in den Tongeröllen des Buntsandsteins, in den Kalken des gesamten Muschelkalkes, in den tertiären Kalken, um eine naheliegende Formation zu nennen; — es handelt sich überhaupt um eine allgemeine, gar nicht erstaunliche Tatsache der Schichtenentstehung.

Was nun den wichtigen Buntsandsteinblock betrifft, so erweist er sich nach der neuerlichen Aufräumung nicht als einen Teil des Blockkonglomerats sondern als eine nur gelockerte Scholle des Buntsandsteins; die sie umgrenzenden Spalten sind durch die Bespülung erweitert und schliesslich mit Kies und kleinen Sandsteingeschieben ausgefüllt worden. — Es ist immer vor Augen zu halten, dass diese Stelle eine ziemlich hochgelegene, lange freiliegende, erst spät von den sich auftürmenden Sandmassen bedeckte Gipfelpartie des Buntsandsteinrandes darstellt; es reichen die Meeressande mehr als 30 m tiefer hinab und nur etwa 10 m höher hinauf.

Was diesen Block auszeichnet, das sind eine grössere Anzahl von Kanälen bezw. Röhren, welche, so weit sie fast geschlossen, mit dem feinen Ockersand erfüllt waren

und welche ich, um sie für die Photographie deutlicher zu machen, mit leichter Mühe z. T. durch Ausblasen und mit dem Taschenmesser davon befreite. Diese Röhren sind zum Teil längs angeschnitten und bilden Hohlrinnen, die auf der Seitenfläche des Blockes liegend zum Teil nach oben, zum Teil nach unten sich als Röhren fortsetzen. Da der Block erst seit ganz kurzem, höchstens 5 Jahren freiliegt und sonst keinerlei Verwitterungsanzeichen erkennen lässt, so ist kein Zweifel, dass die Abwetzung der seitlich oberflächlich gelegenen Röhren zu Halbrinnen mit der gesamten Oberflächenabnutzung zusammenhängt, welche die Anschwemmung und ständige, lebhaft Bespülung des Blocks in seiner Zusammenlagerung mit den Quarzsanden und kleineren Sandsteingeröllen selbstverständlich einschliesst.

Woher stammen nun diese sehr scharf ausgeprägten Röhren in dem harten Sandstein? Gehören sie der Bildung des Buntsandsteins an, sind sie also möglicherweise in weichem Zustande des Gesteins angelegt oder sind sie später in den harten gebohrt?

Abgesehen davon, dass die Bundsandsteinfelsen der nächsten Umgebung in ihrem frischen Bruch nichts davon zeigen, sind auch sonst im Hauptbuntsandstein derartige Bildungen nie und nirgends beobachtet worden. — Man kennt etwas Vergleichbares aber doch nicht das Gleiche wohl aus dem Unteren Buntsandstein der südlichen Pfalz in den Horizonten über der Zechsteindolomitbank oder mehr noch aus dem Voltziensandstein, woselbst ich bei Ebertsheim (vgl. Erl. z. Bl. Donnersberg) Funde gemacht habe, bei denen es aber zweifellos ist, dass sie der Bildungszeit dieser Sandsteine angehören. Im Hauptbuntsandstein fehlen aber alle Anzeichen eines Lebens, (wenn man von einer Saurierfährte in den Trippstadtschichten bei Homburg absieht), sowohl aus den Gegenden, aus denen die Sandmassen verfrachtet wurden, als auch da, wo sie zum bleibenden Absatz gelangten.

Aber könnten diese schmalen Röhren nicht viel-

leicht mineralischen Ursprungs sein? Auch hiefür würden Vergleiche nicht zu finden sein; die scharfe Begrenzung sowohl wie die Tatsache der Erfüllung mit feinsten Körnern des tertiären Ockersandes lassen hier mehrfache Bedenken äussern.

Der nochmals letzterwähnte Umstand lässt übrigens kurzerhand als Nächstes schliessen: Die Röhrrchen wurden angelegt zur Zeit, als der Buntsandsteinfelsen nach Einbruch der Rheintalsenke vom Meer zuerst bespült wurde und zwar in einer höheren Region der Felsenlage, und wurden erst später nach Emporwachsen der sandigkiesigen Auffüllungsabdachung in der Randabbruchtiefe bespült z. T. erfüllt und z. T. angewetzt und endlich begraben.

Wir nehmen jetzt die genauere Beschreibung der im Vorhergehenden nur allgemein gekennzeichneten Röhrengebilde vor. Die Röhren durchsetzen die grobe und besonders auch die fein angedeutete Schichtung (bezw. Lagerung) des Sandsteins schwankend um die Senkrechte; sie reichen bis 0,75 m von der äusseren Oberkante des Blockes (— die einer Schichtfugenablösung entspricht —) in das Innere des Gesteins; sie verlaufen nicht völlig geradlinig, sondern sind öfters schwach S-förmig abgebogen; sie sind nicht kreisrund, wie die meisten Bohrmuschelröhren zu sein pflegen, sondern mehr rechteckig-elliptisch; sie haben auf den entgegenstehenden Längsseiten eine mittlere Eindrückung, so dass sich der Querschnitt der 8 nähert, was sich in verschiedenen Anschnitten erkennen lässt; sie messen in der langen Axe des Querschnitts etwa 18 mm, in der Quere 4—5 mm.

Diese sehr charakteristischen Gestaltungen lassen sofort ihre Vergleichbarkeit mit jenen Bohrröhren erkennen, welche ich in den Geogn. Jahreshften 1909 S. 137 Taf. VII Fig. 6--8 Taf. IX Fig. 1—4 aus der Unterbank der Fossilbänke im Muschelkalk Frankens ausführlich beschrieben habe und

welche im Grossen und Ganzen nichts sind als die im festen Gestein angelegten Hohlformen derjenigen Gebilde, welche man als feste Ausfüllungen in verwitterbaren und überhaupt weniger erhärteten Schichten *Rhizocorallium* nennt; diese Ausfüllungen stammen von neu über den Bohrröhrenöffnungen sich bildenden jüngeren Schichten her. Man kennt sie auch aus dem Muschelkalk der Pfalz, wie sie auch in der Sammlung der *Pollichia* aus der Gegend von Zweibrücken vertreten sind.

Nachdem schon von anderen Forschern darauf hingewiesen wurde, dass diese Gebilde darauf deuten könnten, dass hier ein grabendes Tier einen U-förmigen Bau mit einer doppelten Oeffnung nach Aussen geschaffen hätte, gelang es mir gerade bei *Rhizocorallium* auch eine Eigenhülle dieser Röhren nachzuweisen, welche die am Meeresgrunde lebenden *Tubicolen*, pflanzenfressende, Röhren bewohnende, sessile Ringelwürmer, aus ihren kugeligen Excrementen und aus Knöllchen des feinsten Tonschlammes ihrer Umgebung sehr regelmässig zusammensetzen.

Es sind das also Meerestiere, welche, wie beobachtet, derartige Röhren selbst in ganz feste Riffgesteine, Sandstein, Kalk und harte Schalen von grösseren Muscheltieren einzubohren vermögen und wie in der angeführten Abhandlung ausgeführt ist, die ersten Vorboten der marinen Tierwelt an Stellen sind, wo sie vorher nicht bestanden hat. Häufig bleibt freilich auch diese Nachfolge aus, wodurch es kommt, dass auch die Feinde der *tubicolen* Ringelwürmer diesen in ihrer Lebensentfaltung keinen Schaden anrichten können und eine Massentwicklung ihrer je nach dem Wohnboden sehr verschiedenartig gebildeten Wohnröhren in gewissen Erdschichten begünstigt wird, welche wir *Fucoidenschichten* nennen. Ein grosser Teil nämlich der als „*Fucoiden*“ bezeichneten Einschlüsse sind eben nichts anderes als Ausfüllungen von Röhrensystemen von *tubicolen* marinen Ringelwürmern; auch bei solchen „granulierten“ „*Fucoiden*“ gelang es mir, die erwähnte Eigenhülle nachzuweisen.

Wir hätten also aus dem eben beschriebenen Block zu schliessen, dass seine Umgebung unmittelbar vor seiner völligen Uebersandung von marinen bohrenden Lebewesen in kurzem Zeitraum besiedelt war, dass also die ganze Ablagerung, welche der Lage, Zusammensetzung und Farbe nach mit marinen Küstenkonglomeraten zunächst verglichen werden muss, auch diesem biologischen Merkmal hinzuzurechnen ist.

Was nun die von P. Kessler erwähnten mit Löchern durchsetzten Blöcke bei Battenberg betrifft, so habe ich hier und in Neuleiningen nichts Vergleichbares gefunden; in den Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins und Hauptkonglomerats, die hier den oberen Rand des triassischen Gebirgabfalls bilden, treten nicht nur löcherige Sandsteine (ursprünglich mit Mangankonkretionen), sondern schmale Einschaltungen feinkörniger toniger Sandsteine geringerer Bindung, welche leicht auswittern und ausgespült lagerungs- oder schichtweise angeordnete flache, nach innen sich natürlich etwas zurundende Höhlungen bilden; das ist natürlich etwas grundsätzlich Verschiedenes.



II.

Einzelheiten aus der Entfärbungszone des Hardtrandes bei Bad Dürkheim und Geschichte des Entfärbungsvorgangs.

Wir haben unten S. 91 und S. 92 erwähnt, wie vom Hardtrand nach Innen, d. h. nach Westen zu die erst weisslichen Sandsteine z. T. mit Kluffletten, welche stellenweise völlig schneeweiss sind, nach Westen zu lichtgelblich werden und in einer Linie, welche sich am ganzen Hardtrand und ungefähr parallel mit ihm verfolgen lässt, ziemlich rasch die ursprüngliche Färbung aufweisen; es ist das Verdienst A. Leppla's dies klar zur Darstellung gebracht und festgestellt zu haben, dass hier eine Umwandlungs- und keine Ablagerungsfazies bzw. stratigraphisch besondere Horizonte vorliegen. (Vgl. Geogn. Jahreshfte 1888 S. 51.)

Die Innengrenze dieser Entfärbung bzw. Enteisung des Sandsteins hält sich oft an eine der ersten, inneren Randverwerfungen, geht aber auch darüber hinaus bzw. erreicht solche nicht; sie hält sich vorzugsweise an die durchlässigen Hauptbuntsandsteinschichten; die tonigen Sandsteine des Unteren Buntsandsteins, des Oberrotliegenden werden von der Entfärbung sehr wenig berührt; Schichten des Oberen Buntsandsteins bei Neuleiningen-Battenberg werden am Aussenrande schwach verfärbt, nie ganz entfärbt.

Es seien hier nun einige Beobachtungen aus der Umgegend von Dürkheim mitgeteilt.

Taf. III zeigt das Bild eines nicht entfärbten Restes im letzten Steinbruch bei Grethen ziemlich dicht neben der Grenze, welche mit Sternchen in Textfig. S. 96 angedeutet ist. Die Zeichnung gibt die Höhe des Stein-

bruchaufschlusses etwas vermindert an; die Breite ist ungefähr 25 m, die Höhe ist schätzungsweise ebenso gross. — Man hat hier eine säulenartige Verbreitung ursprünglicher Färbung in den massigen unteren Trifels sandsteinen ungefähr 20 m über dem Tal und vielleicht 40 m über der im Talgrund verdeckten Grenze gegen den Unteren Buntsandstein. Der Sandstein erscheint gleichmässig dicht, massig mit schwachen Schichtandeutungen; stärkere Gerölllagen waren nicht in der Steinbruchwand zu erkennen, dagegen ziemlich nahe unten zwei Lagenzonen mit Tongallen, welche im Bild schematisch angedeutet sind.

Es fällt auf, dass die Säule ursprünglicher Färbung in seitlichen zackigen Ausläufern*) in das entfärbte Gebiet hereinreicht; es sind das ebenfalls ursprünglich verbliebene Reste; das ganze Bild lässt nur eine Deutung zu, dass nämlich die Entfärbung senkrecht zu der roten Säule und parallel mit den Zacken und somit auch rechts unten mit dem grossen fussartigen Seitenteil gemäss der Schichtung bzw. in der feinsten Lagerung des Kornes der Schichten vorgedrungen ist. Da nun das letztere und zugleich ein seitlich noch von W hereinreichender ähnlicher Rest ungefähr mit der Zone der Verbreitung der Tongallen übereinstimmt, so ist damit nahegelegt, dass diese Zone der Ausbreitung der Entfärbung einen gewissen höheren Widerstand entgegengesetzt hat, dass also mit der Einlagerung der Tongallen bei der Ablagerung auch sonst eine feine, dem Auge nicht leicht zugängliche, schichtgemässe Verteilung von kleinen Tonteilchen vor sich gegangen ist.

Was die oberste, dem Gehänge entsprechende Zone der Rotfärbung betrifft, welche auch eine stärkere Zerklüftung zeigt, so ist nicht ganz sicher, ob sie in dieser Begrenzung eine lagenartige Erhaltung ursprünglicher Entfärbung bedeutet; da sie reichlicher zerklüftet dem Versitzwasser sehr zugänglich ist, so kann die gleichmässige Fär-

*) Ein ähnliches Bild zeigt im Kleinen die Entkalkung von Mergeln, welche ich in den Geogn. Jahreshften XIV. 1901. Taf. V Fig. 7 bildlich dargestellt habe.

bung auch daher kommen, dass hier tonige Teilchen in dieser Oberflächenkruste eine gleichmässige Verteilung durch Niederschlagswasser erhalten haben und die Färbung sich nur an die Oberfläche der Gesteinsschollen und -brocken hält. Immerhin würde dies aber doch bedeuten, dass in der Uebergangszone in den höheren Lagen die Erhaltung der Färbung weiter nach Osten reicht als in den tieferen Lagen, womit ja auch ferner übereinstimmen würde, dass die beschriebene steilstehende Säule erhaltener Färbung nach unten durch eine wagrechte Zone entfärbten Sandsteins abgeschnitten ist; wie tief letztere hinabreicht, das ist leider durch die grosse Höhe der Schutthalde verdeckt; nach Aussage des Steinbruchbesitzers sind die tieferen Lagen weisslich.

Daraus würde hervorgehen, dass die tieferen Zonen des Hauptbuntsandsteines in der Uebergangsbreite der Entfärbung nach stärker enteisent seien als die höheren. Zu einem ähnlichen Schluss kommt man in den ähnlich gelegenen Brüchen vom Südwestende des Dorfes Seebach.

Wir haben oben die Rolle der Schichtung bezw. Lagerung bei dem Entfärbungsvorgang betrachtet, wir besprechen nun diejenige der die Schichtung durchkreuzenden Spalten; es sind in dem Bilde die wenigen Hauptspalten gezeichnet, welche in dem unter der Oberflächenzerklüftung liegenden unberührten Sandstein einzig in Betracht kommen können.

1) Eine mittlere scharf ausgebildete Kluft bildet fast völlig die rechte Seitengrenze der Entfärbungssäule; es zeigen sich auf der entfärbten Seite nur einzelne Teilreste noch roten Sandsteins; es erweist sich deutlich, dass die Spalte mit ihrer schwachen Kluftausfüllung für die Ausbreitung der entfärbenden Lösung eine Stauspalte bildete und dass über sie hinaus nach Westen (links) eine Wirkung nicht zu spüren ist. — Dass aber die Entfärbungsreste näher der fussartigen Seitenverbreitung der Färbung liegen, das scheint darzutun, dass die starke Verhinderung, welche in dieser unteren Zone zweifellos stattfand, nach hier herauf nachwirkte.

2) Die Spalte, welche links als durchgehende Spalte gezeichnet ist, kann ohne Widerspruch als eine solche bezeichnet werden, von welcher nach beiden Seiten der Entfärbungsvorgang eingetreten und vorgeschritten ist; das wird besonders dadurch deutlich, wie sich hier in der oben gekennzeichneten Horizontalverbreitung der Tongallen die Entfärbung nach beiden Seiten hin durchgesetzt hat und wie 3) dieser stärkere Färbungsrest der rechten Seite zu zwei weiteren auskeilenden bzw. unten verschwächer Klüften dort selbst in offenkundiger Beziehung steht.

Die Spalten in der Entfärbungszone sind daher entweder Zufuhrspalten oder Stauspalten, oder sind, wenn sie zu dem grösseren Netz der Zuleitung nicht in Verbindung stehen bzw. keine Kluffüllungen besitzen, ohne deutliche Beziehung zu den Formen der Entfärbungsreste. — Dieses Ergebnis ist ja nicht überraschend; es bedurfte aber doch der Prüfung an besonders gut gelegenen Aufschlüssen.

Hervorzuheben sind noch folgende Einzelheiten:

1) Dass die Grenze von Rot und Weiss in den Sandsteinen stets scharf ist, der Farbenwechsel nicht etwa allmählich und übergänglich stattfindet; das zeigt sich mehr in den entschiedener tonigen Gesteinen, wie etwa den oberen Buntsandsteinschichten hinter der Burg von Neuleiningen.

2) Dass in den Sandsteinen selbst ein der Entfärbung etwa rasch nachfolgender Limonitabsatz im Verhältnis zu der abgeführten Eisenmenge nicht zu beobachten und in keinem deutlichen Zusammenhang stehend festzustellen ist.

3) Es finden sich in der Entfärbungszone zwar Limonitabsätze in vielen Spalten, aber nicht in verhältnismässig stärkerem Umfang wie in solchen unverfärbter Sandsteine.

4) In den entfärbten Sandsteinen eines Bruchs am Leuchtenberg SW. von Altleiningen zeigen sich solche schalig die Sandsteine selbst durchdringenden, an der Oberfläche bänderartig angeschnittener Limonitabsätze, — „Limonitdurchsinterungen“ — häufiger; sie überquerten aber die

einfacheren, auch hier meist nach der Lagerung mehr oder weniger eng gerichteten Entfärbungsgrenzen deutlich als eine sehr viel spätere Erscheinung.

Wir fassen hier noch kurz die Entfärbungserscheinungen in den Brüchen bei Seebach zusammen.

1) Entfärbt sind auch hier alle körnigen Sandsteine, welche in höherem Masse wasserdurchlässig sind, so im allgemeinen eine untere Zone in den Brüchen; eine obere ist toniger und farbenbeständiger und wird von dem Entfärbungsvorgang nicht mehr erreicht (vergl. S. 81—82).

2) Nicht entfärbt sind alle horizontalen und böschungsschichtigen tonigeren Einschaltungen in ziemlich scharfer Begrenzung; hie und da ist eine solche durch eine quere Entfärbung vom Hangenden zum Liegenden schief quer aber scharfbegrenzt entfärbt.

3) In gewissen stärker entfärbten tieferen Lagen sind auch die Tongallen völlig hell oder gelb geworden; in höheren entfärbten Lagen zeigen aber die Tongallen ihre volle Färbung.

4) Die nicht entfärbten tonigen Einschaltungen gaben ihre Farbe durch neueren Versitz auch Spalten wieder ab z. T. in die Oberfläche der porösen Sandsteine etwas eindringend und diese nachträglich rot färbend; es zeigen sich dann senkrechte rote Streifen auf den Kluftflächen im Gebiet des weissen Sandsteins, welche mit dem Entfärbungsvorgang nicht zusammenhängen.

5) An einzelnen Stellen kann man bemerken, dass die Entfärbung von der Seite her vorgedrungen ist, weil einem nach unten stattfindenden Vorgang wagrechte, die Entfärbungsdurchsinterung von oben oder unten abschliessende rote Lagen hindernd entgegentreten.

6) Es ist kein deutlicher Beweis vorhanden, dass die vielen vertikalen Spalten hier bei der Entfärbung in einzigem und hohem Masse eingegriffen hätten; die Entfärbung innerlich unzerklüfteter Schollen ist vielmehr auch sehr vollständig.

7) Es sind nur wenige Anzeigen dafür da, dass die Entfärbung, welche zweifellos von einer Limonitbildung

gefolgt war, schon in grösserem Umfang im Innern der Randzone zu Limonitabsätzen Anlass gegeben hat. Es gibt solche; der Umfang ihres Auftretens ist aber verhältnismässig recht gering. Die Limonitbänder oder -schalen ziehen durch die Sandsteine z. T. auch ohne Beziehung zu den Klüften, welche sie so überqueren, als ob letztere jünger wären; eine zu beobachtende Verdickung, welche man öfters beim Ueberqueren der Klüfte antrifft, beweist, dass die letzteren doch schon da waren; auch hier zeigen die verschiedenen schalig angeordneten Adern eines limonitischen Durchsinterungsabsatzes die Verdichtungsrande alle nach einer Seite hin gerichtet.

8) In einer gewissen Lage der Brüche sind die gelb gewordenen Tongallen an der Randgrenze mit einem Limonitabsatz umgeben; es ist der Limonitabsatz eine jüngere Erscheinung als die Entfärbung, die Folge einer Lösungstauung; dies scheint auch bei manchen Sandstein-Durchsinterungssystemen der Fall zu sein; sie stauen sich z. B. an der Grenze eines nicht entfärbten Teils und scheiden Rot und gelb von einander, gehen aber in demselben System teils durch Rot teils durch Gelb, hängen also, obwohl sie die Anzeichen querer Durchsinterung an sich tragen, mit den Grenzen von Rot und Gelb nicht notwendig ursprünglich zusammen, sie sind spätere Entstehungen, welche die Entfärbung und die dadurch geschaffenen Durchlässigkeitsunterschiede voraussetzen (vgl. unten S. 87).

Es seien hier noch einige Beobachtungen über Entfärbungsstadien aus dem mittleren Hauptbuntsandstein beige-fügt, welche in den grossen hochgelegenen Brüchen bei Dürkheim und Altleiningen verschiedentlich zu sehen sind; diese Sandsteine sind zum Bau des Kurhauses in Wiesbaden verwendet, woselbst man die betreffenden Erscheinungen an den glatt bearbeiteten Flächen der Säulen und Quader schön erkennen kann.

1) Die wenigen hier vorhandenen Reste von ganz ursprünglicher Färbung zeigen die gleiche scharfe über-

gangslose Absetzung gegen das gebleichte Gestein wie oben beschrieben.

2) Zahlreiche Anzeichen einer späteren, auch die rötlichen Reste treffenden Limonitdurchsinterung gehen alle quer zur Schichtung bzw. zur hauptsächlich zu beobachtenden diagonalen Böschungsablagerung der Sandsteine; es zeigen sich auch äussere Verdichtungsrän der. Der dritte Sandsteinquader am nordöstlichen Eckpfeiler des Spielzimmerflügelbaus neben der gedeckten Terrasse zeigt sehr schön eine mittlere, gutabgesetzte, an Tongallen etwas reichere Verzögerungszone der Limonitbänderung. (Vgl. unten unter 4 der näheren Kennzeichnung!)

3) An einem Quader neben dem zweiten einfachen Fenster der Nordhälfte der westlichen Hauptfront des Kur-saalgebäudes zeigt sich eine sehr seltene Erscheinung, eine doppelte Bänderung, welche die Schichtung bzw. diagonale Lagerung schiefquer durchschneidet, eine stärker ausgeprägte mit deutlich limonitischer Färbung, eine schwächere mit rotockerigem Farbenton; es scheint dies anzudeuten, dass letztere unter Beimischung von Na-Cl haltigem Mineralwasser stattfand, welche bei der Ausfällung auf die Entstehung der oxydischen Stufe hinwirkte.

4) Die Säulen, welche den Flügelbau des Spielzimmers umgeben, zeigen in einer oberen und unteren Hälfte eine zarte Durchsinterungsbänderung mit Limonit quer zur Lagerung, deren Vordringen der Richtung nach ganz gut durch den Verdichtungsrand und die deutlichen (nach der Diagonallagerung!) Verzögerungsbiegungen zu erkennen ist; diese hellbräunlichen Bänder schliessen nun breitere Zwischenbänder zwar geschwächer, aber immerhin in ihrem rötlichen Ton noch unveränderter Färbung ein; man hat also hier beginnende schwache Entfärbung und feinschaliger Absatz schwacher Limonit ausfällung. Diese Zone ist an den in Rede stehenden Säulen gegen eine zweite, aber ganz entfärbte deutlich abgesetzt, welche nun keine Querdurchsinterung zeigt, dafür aber eine stärkere Ockerausscheidung, welche sich a) im Gegensatz zu der ersterwähnten an die diagonale

Lagerung des Sandsteinkorns selbst hält, in diese eindringt und sogar schwach stalaktitisch-knotig von einem Lagerungsstreifen zum anderen hinübersetzt, b) an der äusseren Grenze der zuerst erwähnten schwachen Durchsinterung sich staut, c) ebenfalls an eigenartigen, feinen, scharf gradlinigen, spaltartigen Querunterbrechungen der Lagerung und Schichtung, welche eine frühe vor völliger Erhärtung des Sandsteins entstandene und völlig wieder verwachsene Spaltbildung gewesen sein musste und selten beobachtet wird. Letztere Limonitbildung fand statt erst nach der völligen Ausbleichung und seinem Stoffentzug; in dem gelockerten Gefüge fand die spätere Limonitbildung statt, welche auch die Grenze b) an einzelnen Stellen schwach überschreitet.

Wir haben also auch hier zwei Stufen der Sandsteinumwandlung, eine erste ältere, welche an einer Aussenzone des Bereichs der örtlich abflauenden Entfärbung^{*)} stattfand und 1) keine völlig ausgeglichene Entfärbung mehr brachte, sondern nur eine bänderförmig unterbrochene, sowie 2) hiermit zugleich eine Limonitausfällung zeigte; es handelt sich hier offenbar nicht mehr um eine lediglich auflösende reine Tiefenquelle, sondern um eine mit Sauerstoff der Luft gemischte (vgl. unter S. 88 und S. 90). Die zweite Stufe ist eine spätere, welche nach der allgemeinen Entfärbung stattgefunden hat, welche hier ein besonderes Gepräge hat; sie hat wahrscheinlich Diffusion zur näheren Ursache.

Es lässt sich also folgendes über die Geschichte der Entfärbung der Randzone des Haardtgebirges sagen:

Im Bereich der stärkeren Randzertrümmerung sind

*) Man hat hier, wie das für Tafel III an einer Stelle ausgeführt ist, zwei von verschiedenen Spalten aus einander entgegengerichtete Entfärbungen, eine stärkere und eine schwächere; für letztere kann entweder die Versorgung mit dem Lösungswasser überhaupt schwächer gewesen sein oder es ist durch eine tonige Spaltfüllung osmotisch die Lösungskraft zerteilt worden (vgl. Bericht des Oberrhein. Geol. Vereins 1910. S. 49); es ist naheliegend, aus der Gesamtheit der Möglichkeiten und der begleitenden übrigen Vorgänge an die Aussenzone der Entfärbung zu denken.

in früholigozäner Zeit eisenentziehende Lösungen auf Spalten von unten durch das Oberrotliegende und den Unteren Buntsandstein in den Hauptbuntsandstein eingedrungen; sie haben sich in dessen durchlässigen Gesteinen auch in ausgedehnter Masse seitlich flächenhaft ausgebreitet und dabei ihre Wirkungen ausgeübt; der Vorgang war ein sehr einheitlicher und umfassender; es wurde die gelöste Eisenverbindung zum grössten Teil zur Oberfläche gebracht und nach dem Seebecken im Rheingraben abgeführt. Die tieferen mitteloligozänen Randkonglomerate des „Meeressands“ in diesem Becken sind noch eisenarm, wenngleich sie Gerölle nur entfärbten Buntsandsteins enthalten; die Eisenverbindungen wurden zu dieser Zeit von den Randgebieten, aus denen die Gerölle stammen, rasch abgeführt, verteilt und färbten die Meeressande noch nicht oder nur gering; erst die weiter vom Rande abgelagerten und endlich die höheren Meeressande und die unteren Cyrenenmergel empfingen die intensive Färbung; es trafen die Eisenlösungen aus den inneren Gebieten der sich entfärbenden Randzone ein, durchsinterten die schon abgelagerten Sande und wurden z. T. mit ihnen abgesetzt, was wenigstens in ganz bestimmter Weise für die Ockertone im Oberen Meeressand und im Cyrenenmergel ausgesprochen werden kann; Durchsintierung von oben nach unten und umgekehrt ist von vornherein nicht ausgeschlossen, denn es wäre gezwungen, anzunehmen, dass die Eisenlösungen aus den Buntsandsteinschichten lediglich an Stellen ausgetreten wären, wo kein Meeressand ihn bedeckte; die Bedeckung war eben ziemlich ausgedehnt. — Wenn wir zu dieser Zeit nun bis zum Beginn der Cyrenenmergel einen vollen Ausfluss der Eisenquellen bei allseitig starkem Quellauftrieb und bei Verdrängung oberflächlicher Versitzwasser (vadoses Wasser) annehmen dürfen, so tritt in der Zeit darauf der Quellauftrieb zurück; es findet sodann im Innern des Gebirgkörpers und zunächst hauptsächlich in den Quellen diejenige Vermischung von vadosem Wasser mit dem lösungs-

kräftigen Tiefenwasser statt, welche zur Ausfällung der gelösten Verbindungen, hier des Limonits Anlass gibt, wie in ähnlicher Weise die Mineralausscheidungshöhezone in der Maxbrunnenbohrung (vgl. Berichte des Oberrhein. Geol. Vereins 1910 S. 47) auf die Mischzone von vadosem und juvenilem d. h. Tiefenwasser zurückgeführt wurde.

Es wurde oben erwähnt, dass sowohl die tiefsten als auch soweit sie sich nahe an den äusseren Buntsandsteinrand der Haardt anlagern — die höheren Meeresande zwar entfärbtes Buntsandsteingeschiebe zeigen, aber keinen Eisenabsatz,*) und dass das äussere Randgebiet der Entfärbung hierin einen Vorsprung habe gegen das innere; es haben hier am Rand die eisenlösenden Vorgänge sehr früh einen hohen Grad erreicht; die entstandenen Eisenverbindungen sind hier aber weiter fortgeführt ohne zur Ausfällung zu kommen, was auch wahrscheinlich durch einen hier noch vorhandenen Ueberschuss des Lösungsmittels verhindert wurde. Dagegen finden wir am äussersten Rand in den Spalten Kieselsäureausscheidungen in schon stark entfärbtem Gestein (vgl. Ber. des Oberrhein. Geol. Vereins 1911: Nachlese zur Dürkheimer Tagung 1910. S. 25–27). Es ist leicht denkbar, dass beim Anschwellen des Meeressandmeeres gelegentlicher Ueberdruck von diesem her in den nahegelegenen Randspalten — Trümmerspalten mit starker Quarzzerreibung und colloidalen Lösung des Quarzes — Kieselsäureausfällungen verursachte und ebenso an den nächsten Austrittsstellen diese Lösungen durch die Mischung von Quell-, Mineral- und von Meereswasser eine rasch und völlig erhärtende Ausfällung von Kieselsäure veranlasst wurde. — Bei Battenberg wurde auf der Höhe gegen Neuleiningen seinerzeit auch in den höheren Meeressanden helle holzopalartige Kieselausscheidungen gefunden; ich konnte in einem hierbei auftretenden weisslich-gelblichen, glimmerreichen, ausserordentlich feinen Ton die zartesten Blattabdrücke und in

*) Dies ist bei Dürkheim ebenso wie bei Battenberg, Neuleiningen und Asselheim zu beobachten.

hellgelblichem feinsandigen Quarzit Wurzelwerk nachweisen; es bestand hier offenbar ein solcher Quelltümpel, in welchem die feinsten Tonschlammausschwemmungen aus dem nahegelegenen, in der äussersten Kruste hie und da entfärbten Oberen Buntsandstein*) in voller Ruhe zum Absatz kamen und ganz unverletzte Blätter von *Cinnamomum* eingeschlossen wurden. Bis in diese obere Region des Meeressandsteins hinauf haben wir aber auch die Merkmale der Böschungsbewegungen in einer steilwandig aufgeschütteten Felsriffablagerung; wenn irgendwo die Möglichkeit rascher Lösungsausfällungen einerseits und rascher sowie starker Umlagerung und wiederholter Einbeziehung eben erst zur Ruhe gekommener Sedimente in die starke Meeressandriffbrandung andererseits gegeben war, so ist es hier; es sei dies betont in Beziehung auf das Vorkommen von weissen Quarziten in den tiefsten Gerölllagen des Meeressandes von Bad Dürkheim, welche Anlass gegeben haben für diese die Bezeichnung „oligozäner Meeressand“ für unrichtig zu halten.

Was die nähere Kennzeichnung der Eisen entziehenden Lösungen betrifft, so haben schon v. Gümbel und A. Leppa auf kohlen säurehaltige Quellen hingewiesen. Diese naheliegende Annahme wird auch durch den Hinweis auf den noch vorhandenen Säuerling bei Klingenmünster und auf die Mineralquellen von Bad Dürkheim gestützt werden können. Die Enteisung läge dann in der Bildung des in Lösung fortführbaren Eisenkarbonats, welches in der Nähe der Erdoberfläche oder an diese selbst gebracht leicht zu Eisenhydroxyd umgewandelt würde. Es ist als wahrscheinlich sogar noch hinzuzufügen, dass der Mineralgehalt der Bad Dürkheimer Quellen ein Bild der zur Zeit der Entfärbung allgemeinen Quellphänomene darstellt und ein gewisser NaCl-Gehalt ein weitverbreiteter war.

*) Vgl. hierzu unten bei IV näheres über örtlich nahe liegende, wahrscheinlich gleichzeitige Begleiterscheinungen im Gebirgsinnern bezw. in älteren tieferen Teilen der gleichen Ablagerung.

III.

Ueber eine Verwerfung SW. von der Limburg bei Bad Dürkheim.

1) Wenn man von Bad Dürkheim auf der Stadtseite südlich der Isenach von der Brücke S vom Maxbrunnen (Strasse nach Ungstein) den Berg hinaufsteigt, steht man unmittelbar hinter der Kurgartenterasse von den Häusern teilweise bedeckt geologisch in den dünnplattigen Schichten des oberen Hauptbuntsandsteins, welche hier fast völlig weiss sind; sie fallen nach S ein.

2) Einen anderen Aufschluss im Hauptbuntsandstein sieht man auf dieser Talseite beim Aufstieg vom Amtsgericht nach Westen; in einem alten Steinbruch, in dem sich jetzt eine kleine Landwirtschaft eingenistet hat, erkennt man zwischen Dünnschichten obiger Art zwei Abteilungen meterdicker Sandsteinbänke, welche früher zu Bausteinen verwendet wurden; sie sind etwas weniger weisslich wie die oben am Fuss der Höhe erwähnten Schichten, mehr gelblich und gehören in der senkrechten Aufeinanderfolge der Buntsandsteinschichten trotz der höheren Lage einem etwas tieferen Schichthorizont an, der sich im ganzen Pfälzer Wald verfolgen lässt, z. B. auf der Kalmit zu beobachten ist und zu dem schönen landschaftlichen Bild des Karlstals bei Trippstadt beiträgt, weshalb ich diese Schichtengruppe bei der Aufnahme Karlstalfelsen nannte. Die Schichten fallen mit ung. 45° nach SO, nach der Rheintalebene ein.

3) Ein dritter Aufschluss im Hauptbuntsandstein ist hinter den letzten Häusern der Schillerstrasse unter dem auflagernden Meeressand schon oben S. 73 erwähnt worden; auch diese Schichten fallen sehr bemerklich mit 40° nach OSO ein und hängen unter der jüngeren Meeressandbedeckung wahrscheinlich ungestört mit den unter 2) erwähnten Schichten zusammen; man ist hier in die tiefere Hälfte der Hauptbuntsandsteinschichten gerückt — dabei auch

in tiefere Höhenlage —; es sind dies die Felsschichten, welche den Beginn des unteren Hauptbuntsandsteins bezeichnen und welche von H. Thüraich bei der von ihm durchgeführten Aufnahme der südöstlichen Hälfte des Buntsandsteingebiets, das im Blatt Speyer 1:100,000 zur Darstellung gelangte, als „Rehbergsschichten“ benannt wurden.

4) Bei weiterem westlichen Wandern gelangt man auf zunehmender Höhenlage in eine Reihe von jetzt verlassenem Steinbrüchen, welche in entschiedenerem Masse als die bisher besprochenen Schichten ungleichkörnig und grobkörnig und z. T. sogar stark geröllführend werden: es sind das die tiefsten Hauptbuntsandsteinschichten, welche nach der bekannten Burg, welche auf ihnen erbaut ist, Trifels-Schichten genannt wurden; es sind die gleichen Schichten, welche in der Südpfalz den „Ruinensandstein“ bilden und z. B. bei Kaiserslautern, Enkenbach und Vorderweidenthal in umfassendem Masse als Bausteine gewonnen werden.

Zum Unterschied von den unter 1, 2 und 3 erwähnten Schichten liegen diese Sandsteine nun annähernd horizontal bzw. biegen je mehr nach Hardenburg-Limburg zu in ein schwaches, aber bemerkbares Einfallen nach NW um; sie sind auch nur noch im vorderen Teile weisslich-gelblich und werden von einer gewissen im Bild S. 96 mit einem Kreuzchen bezeichneten Nordsüdlinie an wieder entschieden rötlich; hier endet die am ganzen Haardtrand bemerkbar randliche „Entfärbungszone“.

Auf dem unteren Weg nach der Limburg zeigt ein neuer in tieferer Lage befindlicher Steinbruch die Sandsteine in ihrer ursprünglichen Färbung; wir sehen hier in einem über 10 m hohen Bruch rote, fast ungeschichtete Sandsteine mit Quarz und Quarzitzeröllen, welche sich an einzelnen Stellen zu einem völligen Quarzitkonglomerat anreichern: dieses Konglomerat ist unter dem Namen: Ecksches Konglomerat bekannt und hat eine weite Verbreitung in den Buntsandsteinschichten zu beiden Seiten des Rheintals.

Dass diese Sandsteine mit dem Eckschen Konglomerat wirklich dem tieferen Hauptbuntsandstein angehören, zeigt

sich schon darin, dass unter ihnen der sog. Untere Buntsandstein zu Tage tritt; die beigegebene Skizze S. 96 zeigt in dunklerem Ton das Auftreten dieser Formationsunterabteilung nördlich und südlich neben dem Isenachtal am tieferen Hang bezw. am Fuss der Berge nach der grundlegenden Aufnahme von A. Leppla und einigen Ergänzungen des Verfassers;*) bei Grethen sind diese Gesteine jetzt nicht mehr zu sehen, sie sind z. T. zugewachsen, z. T. durch den Steinbruchschutt verdeckt; dagegen bei der Limburg und zwischen hier, Hausen und Hardenburg. Es zeigt sich hier eine viel sattere dunkelziegelrote Färbung tonreicherer Gesteine schon auf weite Entfernung; diese Färbung der Gesteine und ihre Eigenschaft unter dem für Wasser durchlässigeren Trifelssandstein, das Wasser zu stauen, lässt sie im Gelände sehr gut erkennen und auch zur Darstellung des Verlaufs benutzen, wie dies in der Skizze nach A. Leppla erkennbar ist.

Einen schönen Aufschluss in den oberen Schichten des Unteren Buntsandsteins bietet der Hohlweg an dem schmalen Joch, welches das nach NO vorspringende Limburgplateau mit dem südlich davon gelegenen Bergkörper zwischen Isenach- und Hammelstal verbindet; die Südwand des Hohlweges trägt eine Gedenktafel. — Im oberen Hohlweg selbst liegen noch die tiefsten massigen, starkfelsigen, harten Trifelssandsteine; da, wo der Hohlweg sich aber nach dem Grethener Seitental zu öffnet, sind links die hangendsten Schichten des Unteren Buntsandsteins aufgeschlossen; unter dem scharf abbrechenden, unten nur stellenweise etwas mürberen Trifelssandstein liegen nun auf der Nordseite des Weges von oben nach unten:

1) dünnschichtige bis dünnschieferige bezw. dünnplattig abgefugte, tonreiche Sandschichten von sattroter Färbung 0,25 m.

2) unregelmässig geschieferter ebenso roter toniger Sandstein, der oben etwas entfärbt ist, 1,5 m.

*) Vgl. A. Leppla „Ueber den Bau der Pfälzischen Nordvogesen etc“ im Jahrbuch d. K. pr. geol. Landesanstalt. Berlin 1892 und O. M. Reis Stzber. des oberrhein. geol. Vereins 1910.

3) knotig verwitternde hellere Einschaltung mit einzelnen Quarzgeröllen (0,05 m).

4) feinkörniger dunkelziegelroter, unregelmässig schiefriger Sandstein, der bei frischem Anbruch oben grössere Putzen von manganreichem Sand enthält; bei 30 cm von der oberen Grenze zeigt sich eine schmale halb handhohe Einlagerung von Quarzgeröllen von grünlich grauer Färbung, welche ebenso durch Mangansandputzen gefleckt, „getigert“ ist. Nach unten schliesst sich der Sandstein zu festerer Bindung zusammen, ist schwerer und durch Dolomit im Bindemittel auch fester; hier zeigen sich kreisrunde grünlich-gelbe Flecken; hiemit beginnen die Kennzeichen des Bausandsteins des Unteren Bundsandsteins, der in der südwestlichen Hardt ein früher beliebtes, durch seine gleichmässige Feinkörnigkeit sehr geschätztes Baumaterial lieferte.

Der den Hohlweg mit steilen Wänden beiderseits begrenzende Trifelsandstein zeigt nun auf beiden Seiten des Weges in gewissen Merkmalen verschiedene Gesteine.

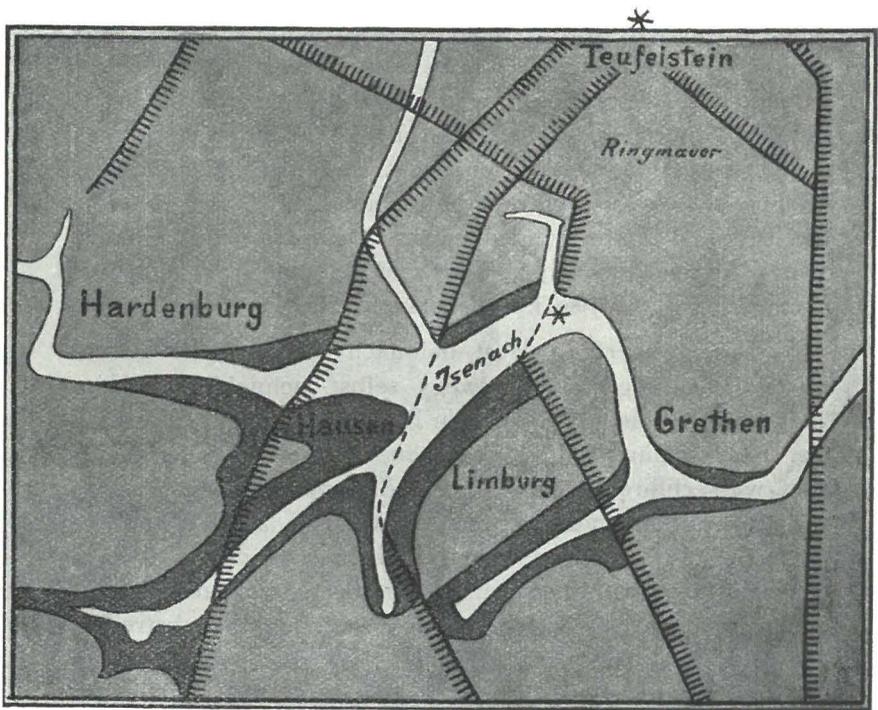
Auf der nördlichen Seite (linken Seite nach abwärts), auf welcher die Auflagerung auf den Schichten des Unteren Bundsandsteins allein sichtbar ist, sieht man vom obern Eingang des Hohlweges an unregelmässig abgefügte dickbankige Sandsteine mit einzelnen nach unten abnehmenden Gerölleinschaltungen mit kleineren Geröllen. Die Sandsteine sind an dieser meist Wasser führenden Stelle der Schichtenfolge etwas entfärbt; es zeigt sich hier auch die von anderen Oertlichkeiten von mir besprochene Tatsache, dass die tiefsten Lagen des Hauptbuntsandsteines bzw. der Trifelschichten, ohne irgendwie sonst gegen die höheren von ihrer Eigenart etwas eingebüsst zu haben, viel geröllärmer sind, als die in allmählicher Zunahme der Gerölle vielleicht 15 m höher liegenden, denen wir oben die Bezeichnung „Ecksches Konglomerat“ zuerkennen. *)

*) Für diese eigenartige Tatsache, welche auch für andere Felsschichten des pfälzischen Buntsandsteins gilt, ist auch in den Erl. z. Bl. Zweibrücken S. 161 im Kapitel über die Bildungsweise der Triassedimente eine Erklärung gegeben worden.

Demnach lägen hier an der Südwestwand des Hohlwegs, auf welcher die Gedenktafel angebracht ist, höhere Schichten als an der Nordostwand; es wäre dort eine Verschiebung im Sinne einer Senkung eingetreten; in der Tat sieht man auf beiden Seitenwänden nicht nur starke Spalten in NW—SO verlaufen, sondern man kann auch sagen, dass diese Wände zum Teil selbst blosgelegte Spaltwände sind, längs welchen sich die Bewegungen abspielten und an welchen auch die Bewegungsanzeichen in Schubflächen mit Glättung und Glättungsstreifung deutlich erhalten sind. An der Nordostwand zeigen sich an einer steil nach NW einfallenden Kluft nahezu senkrechte Schubstreifen; an der Südwestwand beobachtet man mehrere schalig hintereinander liegende und z. T. keilförmig in einander verlaufende fast senkrecht stehende Schubklüfte, welche 1. beinahe senkrecht gestreift sind, 2. mit 15° von der Vertikalen abweichend nach SO geneigt sind, 3. nach dem Brunnenhäuschen mit 45° und 38° nach SO einfallen und auffälliger Weise keine merkbare Verwerfung bringen.

Die Verwerfung läuft demnach in NW—SO zuerst in der Richtung des Hohlwegs selbst, schneidet im Verlauf nach SO nach S über den Hohlweg hinüber, woselbst der Untere Bundstandstein gegen die von der Bergseite her wasserführenden Schichten der gesunkenen Trifelscholle seitlich stauend wirkt und einen zur Wasserversorgung gefassten Quellaustritt verursacht. — Wenn nun zwar auf Begleitbewegung einer benachbarten Schollensenkung die zwei Flächen mit vertikalen Schubstreifen hinweisen, so ist doch auffällig, dass die etwas und bis über 45° davon abweichenden Bewegungsklüfte das Uebergewicht haben, eine Tatsache, welche schon von A. Leppla vor langer Zeit für die Verwerfungen in der Hardt erwähnt wurde, welche ich in Zusammenhang mit anderen Beobachtungen als Ausweiche- und Ausgleichsbewegungen in von der Hauptrichtung abgelenkten Seitenrichtungen zu deuten suchte. In neuer Zeit sind diese Beobachtungen von Dinu auf grössere Gebiete erweitert worden, ohne

indessen bis jetzt zu unanfechtbaren Ergebnissen zu gelangen.*) — Da ich selbst an diesem verhältnismässig guten Aufschluss im Zweifel war, ob nicht beim Zählen und Vergleichen der Schubstreifen dieselbe Kluft mehrmals gezählt werden könnte, habe ich vom Abzählen Abstand genommen. Wir wollen dagegen versuchen, ob nicht die auf flachere, sog. tangentielle Druckkräfte hinweisenden Bewegungsanzeichen nicht auch im Anschluss an radiale Bewegung zu verstehen sind.



Hierzu diene die obige Kartenskizze hauptsächlich nach den Aufnahmen von A. Leppa und mit Ergänzungen vom Verfasser; die oben besprochene Verwerfung SW von der Limburg ist neu hinzugezeichnet; ihre Sprunghöhe ist

*) Vgl. hierzu Geogn. Jahreshefte 1914 S. 254 und Erläut. zu Bl. Donnersberg.

nicht gross, ich schätze sie auf höchstens 10 m. In dem Kärtchen sind die Störungen in ausgezogenen Linien gekennzeichnet und die Lage der abgesunkenen Scholle durch quere Seitenzacken angedeutet. Man hat es mit dem Bild von Absenkungen zu tun, welche sich nach dem Hardtrand zu steigern; die gesunkenen Schollen liegen fast alle bis auf die in Rede stehende hintere Limburgverwerfung treppenförmig angeordnet; die besprochene Verwerfung läuft aber (wie die vordere Limburgverwerfung) mit ähnlichem Winkel auf eine NO—SW-Störung aus, welche ebenso die Absenkung nach W zeigt; mit der nächst westlichen Störung wird also bei Hausen im Verlauf dieser Treppenabsenkungen auf deren innerster Seite ein schmaler „Graben“ gebildet, dessen durch eine OW bis SO-Querstörung verstärkte Fortsetzung am Teufelstein sogar das Hauptconglomerat neben die Karstal- und Rehbergschichten setzt, also eine Sprunghöhe von 80 bzw. 120 m erkennen lässt. — Aber auch nach SW lässt sich diese schmale, nicht mehr als 250 m an Breite messende Grabensenke verfolgen, bei Hausen verläuft sie im Schlangenweihertal, woselbst sich der Graben verengt, erreicht aber bald wieder die erwähnte Breite und zieht so bis Lindenberg-Lambrecht. — Derartige schmale Grabenbildungen habe ich als Begleiterscheinung bei der Bildung stark klaffender Spalten zunächst des Rheintalabbruches angesehen (vgl. Berichte des Oberrh. Geolog. Vereins 1910 S. 18 und Geogn. Jahreshfte 1914 S. 259). An vorexistierenden durch Dehnung entstandenen Klaffspalten, deren östliche Schollenbruchflächen entsprechend der rheinischen Absenkung mit östlichen und südöstlichen Schichtenfalten nach Westen einfallen, sind an diesen sozusagen nach W abschüssigen Randflächen Teilschollen abgebrochen, welche neuerdings Quiring passend Böschungssprünge nennt. (Vgl. Zeitschrift der Deutschen Geolog. Gesellschaft Bd. 65 1913 S. 440).

In ähnlicher Weise ist die hintere Limburgstörung aufzufassen; sie gehört aber zu einem NW—SO Verwerfungssystem, welches von Dürkheim in der NW-Richtung

auf Altleiningen, Höningen und Hertlingshausen zuläuft und von da an erst wieder NS-Richtung annimmt, wodurch die sog. Marnheimer Bucht im triasischen Haardtrand zwischen Wattenheim und Kirchheimbolanden hervorgerufen wird.; in diesem NW—SO-System zeigt sich auch ein dem Teufelstein vergleichbarer schmaler Böschungsgraben am Südrand des Peterskopfplateaus.

Bei den an solchen Durchkreuzungsstellen vertikaler Bewegungen unter Unebenheiten und Zertrümmerung der Schollenwänder leicht vorzustellenden Abreissungen und Gesteinsverschleppungen einerseits und bei den durch Seitendruckkomponenten notwendigen seitlichen hin- und herschiebenden Bewegungen sind daher Schubflächen mit mehr liegenden als einfallenden Schubstreifen leicht erklärlich, sowie auch denkbar ist, dass Bewegungsflächen ohne nachweisbare Sprunghöhe der beiderseitigen Schollen entstehen.

Andererseits ist aber schwer vorzustellen, wie bei den beobachteten nahezu vertikalen Schubflächen tangentielle Ueberschiebungsvorgänge nach OSO und zugleich nach NNO in nahezu aufeinander senkrechten Richtung gewirkt haben könnten. Das Dürkheimer Durchkreuzungssystem ist nur unter Annahme einer Dehnungszerreissung mit anschließenden Grabeneinbrüchen zu verstehen.



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. Jahreshfte 1910 S. 84—94 Gelegenheit genommen,

auf diese quere Durchsetzungen von Schichtgesteinen mit Wasser und Lösungen, soweit sie in deutlichen Veränderungenstufen, 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 Verdichtungsränder 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 würfeligem 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 Würfelzucker 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 rechte seitige 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

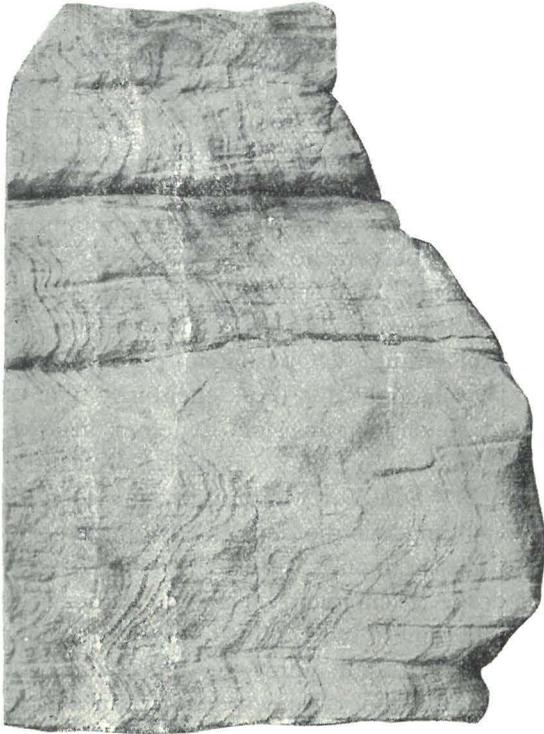


Fig. 2

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 Schiefen sind diese Sinterdurchbänderungen ebenso häufig wie die mit ihnen verbundenen Dendritenbildungen von Limonit und Psilomelan (Eisenoxydhydrat und Mangan-oxydhydrat). 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. Schematisirtes 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 angedauert 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 übertreten 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 Kopfabchnitt 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 Verwitterungs Oberfläche 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 gebaucht; 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. Blandkenhorn 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 seit dem 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 Ummeislung 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 kohlen sauren Kalk nach Massgabe seines Kohlen säuregehaltes 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

verhältnissmässig 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 kohlen säurehaltiges 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, verhältnissmässig

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.



Tafelerklärung.

Tafel I. Fig. 1. Uebersichtsbild (photogr. Aufnahme) eines Teiles des kiesigen Meeressandaufbruchs und seiner felsigen Gesteinsunterlage hinter den letzten Häusern der Schillerstrasse von Bad Dürkheim vor der völligen Aufräumung (vgl. schematisch gezeichnetes Bild Tafel II rechte untere Hälfte); man erkennt oben links über der Mauer einen rundlichen Steinblock, welcher in Fig. 2 in etwas grösserem Massstab aufgenommen ist.

Fig. 2. Felsblock mit Bohrröhren mariner Röhrenwürmer (Dr. H. Arndt phot.) vgl. Fig. 1 links oben.

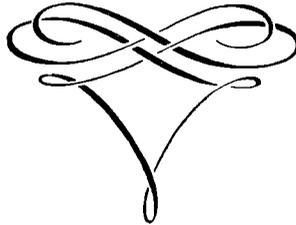
Tafel II. Schematische Zeichnung der Auflagerung des Block-Konglomerats des Meeressandes auf dem Buntsandsteinuntergrund (vgl. Tafel 1, Fig. 1); der mit Bohrwürmerröhren durchsetzte Sandsteinblock (vgl. Tafel I, Fig. 2) erscheint hier als ein nur etwas gelockerter Teil des Buntsandsteinriffs. Die Zeichnung ist nach der vollständigen Aufräumung des Aufschlusses ausgeführt. Photogr. C. Nolze in Bad Dürkheim hat von diesem schönen Aufschluss, der möglicherweise bald verwächst, eine recht gute — so weit dies bei dem engen Raum und der Beleuchtungsmöglichkeit gelingen konnte — photographische Aufnahme zum käuflichen Bezug angefertigt.

Tafel III. Ansicht eines säulenförmigen, nach der Schichtlagerung seitlich zackigen Färbungsrestes in der entfärbten Zone des Buntsandsteins am Haardtrande nahe an der westlichen Uebergangsgrenze der Entfärbungszone zur Urfärbung in einem Bruch im unteren Hauptbuntsandstein von Grethen bei Bad Dürkheim.

Tafel IV. Ansicht des Nordhangs der Burg-Kuppe von Neuleiningen von der alten Strasse (von N) aus, man erkennt in der Gesteinswand aus feinkörnigem Sandstein eigenartig gebogene, weissliche Streifen der Entfärbungsdurchsinterung, welche an den erkennbaren, fast wagrechten Gerölllagen unterbrochen bzw. nach rechts abgelenkt sind.

Tafel V. Ansicht der Brustseite des Sphinx von Giseh mit den Andeutungen der horizontalen Lagerung, aus

welchen der natürliche Kalkfels aufgebaut ist; quer dazu — besonders rechts — sieht man die sehr auffälligen, hin und her gebogen senkrecht verlaufenden Durchsinterungsstreifen, welche durch die Oberflächenverwitterung rippenartig hervortreten; auch die Härteunterschiede der einzelnen horizontalen Gesteinslager treten durch die Verwitterung sehr stark gesimsartig hervor; wagrechte Schichtfugen sind nur im Kopf-Gesichtsteil und im oberen Brustabschnitt erkennbar.



Textabbildungen.

S. 96. Uebersichtskärtchen der Gebirgsbruchlinien zwischen Grethen und Hardenburg; die kleinen Querstriche bedeuten die Lage der abgesenkten Gebirgsschollen; die Sternchen zeigen den Verlauf der Grenzlinie an zwischen der Verbreitung der Urfärbung des Buntsandsteins (westlich) und der entfärbten Randzone der Haardt (östlich); die tiefere Tönung der Formationsverbreitung nördlich und südlich des Alluvialgrunds der Isenach bedeutet die Verbreitung des „Unteren Buntsandsteins“, der hellere Ton die Verbreitung des „Mittleren Buntsandsteins (Hauptbuntsandsteins)“.

S. 103. Es ist ein Mergelkalk aus den Myophorien-schichten an der Grenze des Wellenkalks und der Anhydritgruppe dargestellt, an dessen Oberfläche durch Anwitterung die linienartigen Querschnitte von schalenartig das Gestein durchsetzenden Flächen geringerer und grösserer Härte hervortreten; diese Unterschiede sind die Folge der „Gesteinsdurchsinterung“, welche in wechselnder Weise je nach der grösseren und geringeren Durchlässigkeit in der Horizentalstruktur der Mergelbank, in den Gesteinskörper vordringt, daher einen gezackten Verlauf annimmt.

Inhaltsübersicht:

Kap. I	Ueber einen auf Tätigkeit mariner Bohrwürmer hinweisenden Block unter den sog. Küstenblocksanden (Konglomeraten) bei Bad Dürkheim	S. 67— 79
Kap. II	Einzelheiten aus der Entfärbungszone des Hardtrandes bei Bad Dürkheim und Geschichte des Entfärbungsvorgangs.	S. 80— 90
Kap. III	Ueber eine Verwerfung SW. von der Limburg bei Bad Dürkheim .	S. 91 — 98
Kap. IV	Ueber regelmässige Schichtdurchsinterung bei Neuleiningen und Giseh in Aegypten	S. 99—116

Tafel I.



Fig. 1.

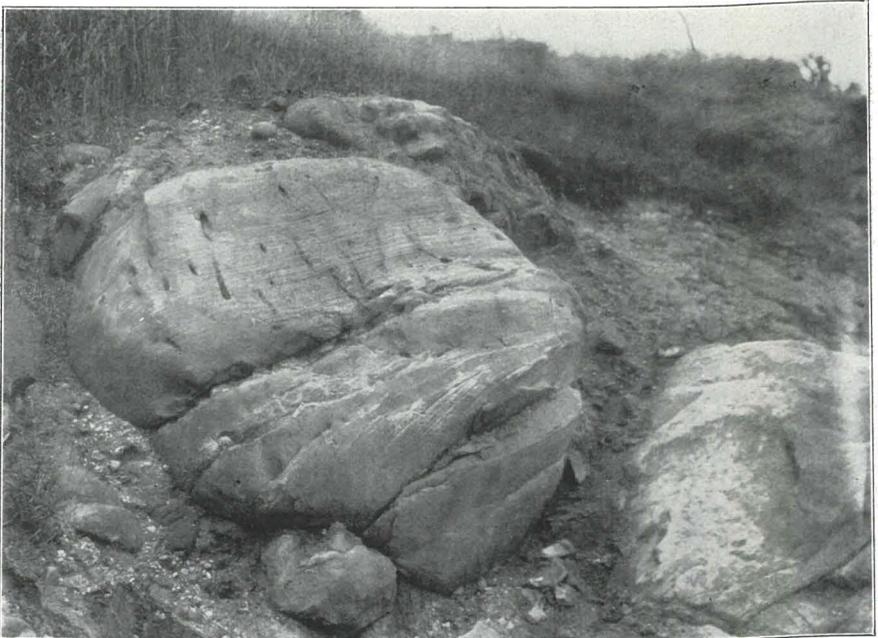
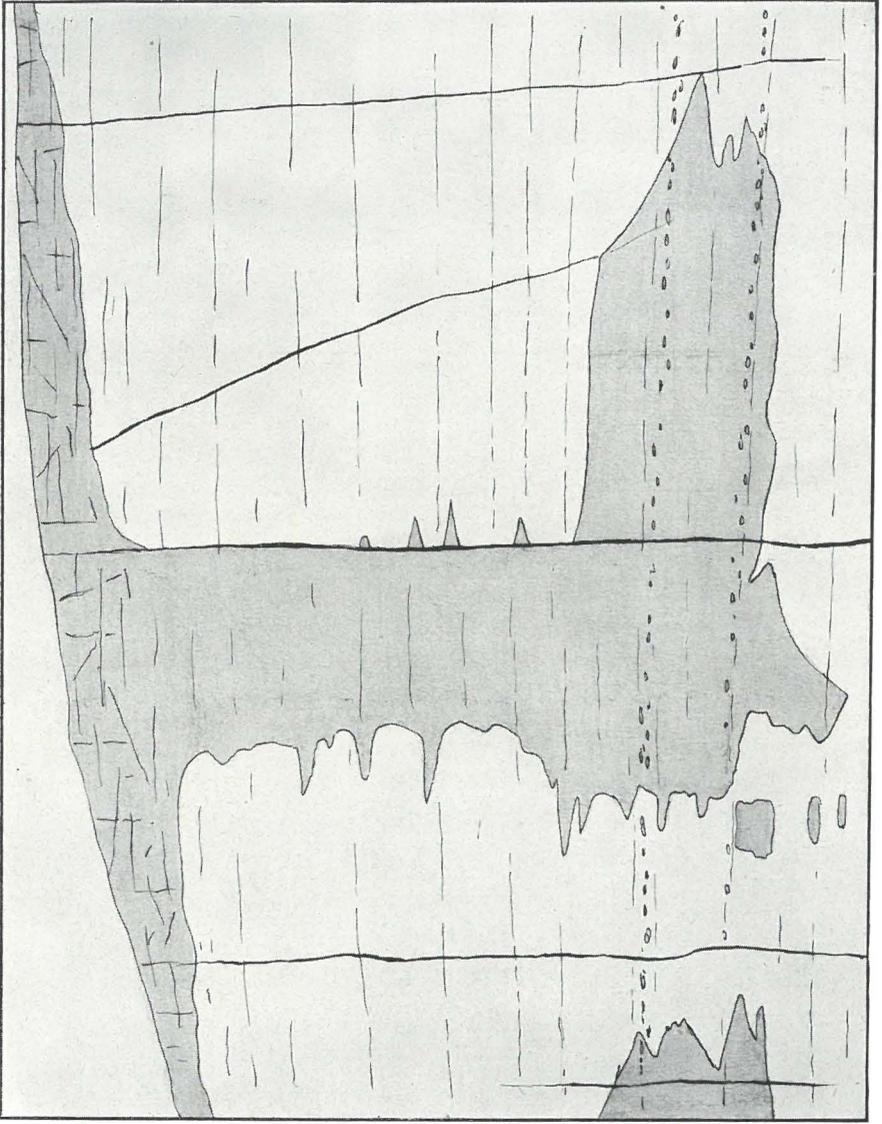


Fig. 2.

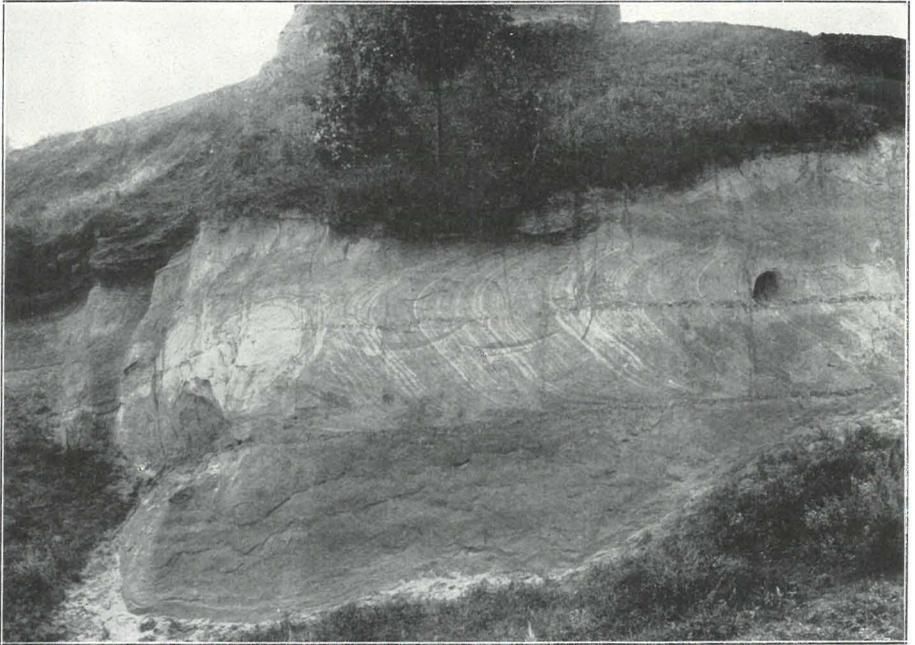
Tafel II.





Tafel III.

Tafel IV.



Tafel V.

