Sedimentationsprobleme in der Germanischen Senke zur Perm- und Triaszeit.

Von **Martin Wilfarth** (Halle).

Inhalt.

	Seite
Die Permische Abrasionsfläche	349
Die Entstehung des Buntsandsteins	350
Die Sedimentation im Zechstein	356
Die Großflutenhypothese	359
Was leistet die Großflutenhypothese?	362
Erklärung der permischen Probleme	362
Erklärung der Triasablagerungen	369
Zusammenfassung	374
Verzeichnis der angezogenen Literatur	375

Die Permische Abrasionsfläche.

Als Basis der Triassedimente tritt uns in verschiedenen Teilen Deutschlands die hinsichtlich ihrer Entstehung viel umstrittene „Permische Abrasionsfläche" entgegen. STRIGEL (1912) hat den Nachweis erbracht, daß eine Abrasion im Sinne V. RICHTHOFENS (1886, S. 353) hier nicht vorliegen kann. Wir können diesen Nachweis als ausreichend ansehen und uns einer kritischen Betrachtung der STRIGELschen Anschauungen zuwenden, der die Abrasionsfläche als das Ergebnis subaerischer Abtragung ansieht.

Es ist nun aber von einigen Autoren (V. RICHTHOFEN 1886, PASSARGE 1904, S. 636, BLANCKENHORN 1907, S. 301) mit Recht bezweifelt worden, daß eine Ebenheit von der Art der Permischen Abrasionsfläche auf subaerischem Wege entstehen könne. Selbst STRIGEL scheint seiner Sache nicht ganz sicher zu sein. Seinem Zweifel gibt er Ausdruck, indem er HETTNERS (1913, S. 189) Ausspruch anführt:

„Wenn wir ehrlich sein wollen, müssen wir uns gestehen, daß uns die Bildungsweise der Rumpfflächen weder bei der Annahme mariner, noch bei der Annahme festländischer Entstehung ganz klar ist." —

In diesem Zweifel kann uns folgender Gedankengang nur bestärken: Wäre die Abrasion nichts anderes als eine allmähliche Erniedrigung der Wasserscheiden, so hätte eine ganz bestimmte, gesetzmäßige Struktur der Einebnungsfläche hinterbleiben müssen. Niemals hätten die Wasserscheiden völlig verschwinden können, denn mit jeder Verringerung des Gefälles wäre eine Verminderung der Transportmöglichkeit einhergegangen, so daß sich der Ausgleich der Höhenunterschiede asymptotisch und mit extremster Langsamkeit hätte

vollziehen müssen. Aber selbst, wenn zum Schluß eine absolute Ebene entstanden wäre, so hätte in dieser Ebene doch das Skelett der Wasserscheiden bestehen bleiben müssen und keine subaerische Einwirkung von noch so langer Dauer hätte dieses Skelett vernichten können. Die Struktur einer auf subaerischem Wege entstandenen Abtragungsfläche muß von der einer Abrasionsfläche grundsätzlich verschieden sein.

Und in diesem Sinne unterscheidet sich nun auch die Wirklichkeit von dem, was die Theorie der subaerischen Einebnung fordert. Die Permische Abrasionsfläche zeigt nicht die verlangte Skelettstruktur. Die Reste des kristallinen Grundgebirges begegnen uns nicht in nach oben konvergierenden Formen, in stumpfen Kegeln oder Graten, die von Schutt flankiert werden, sondern das Grundgebirge zwischen den schutterfüllten Senken erscheint als eine mehr oder weniger glatt abgehobelte Fläche. Es zeigt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß zu den Geosynklinalen die Geantiklinalen fehlen, an deren Stelle sich nun die Abrasionsfläche ausbreitet. Ebenso sind aber auch die Geosynklinalen so vollständig ausgefüllt, als wären sie, um mit BRÄUHÄUSER (1910, S. 25) zu reden, „oben glatt abgestrichen". Welche Kraft und welches Medium haben aber dieses „Abstreichen" bewirkt? —

Keine der bisherigen Erklärungen wird den Beobachtungstatsachen gerecht: Eine marine Abrasion im Sinne v. RICHTHOFENs ist ausgeschlossen, aber eine subaerische Einebnung nach STRIGEL ist ebenso unmöglich.

Die Entstehung des Buntsandsteins.

Ebenso rätselhaft und umstritten wie die Entstehung der Permischen Abrasionsfläche ist die Entstehung des Buntsandsteins. Einer terrestrischen Partei steht noch immer eine marine gegenüber. LEPPLA, SAUER, KESSLER, BENECKE, VAN WERVEKE, DEECKE, TORNQUIST, KOKEN, v. KOENEN, BLANCKENHORN, SCHINDEWOLF und andere sind für marine Beeinflussung der Buntsandsteinsedimente eingetreten.

Auch die Autoren, die den Buntsandstein als terrestrische Ablagerung auffassen möchten, sind geneigt, wenigstens den Oberen Buntsandstein auszunehmen und ihm in Hinblick auf die Fauna marine Entstehung zuzuerkennen. Zweifellos ist diese Anschauung berechtigt, denn die Fauna des Röt ist der Muschelkalkfauna so ähnlich und geht so kontinuierlich in diese über, daß man eine Trennungslinie nicht ziehen kann. Denselben allmählichen Übergang zeigt aber auch das Gestein selbst. Ohne Diskordanz und scharfe Grenze wandelt sich der Röt in den Muschelkalk um, so daß man folgerichtigerweise auch den Oberen Buntsandstein als marin bezeichnen muß. Wir hätten somit von einer Röttransgression zu sprechen.

Durch diese Annahme werden nun aber die Schwierigkeiten nicht behoben. Eine Transgression kann wohl kaum ohne Verbindung mit

dem Weltmeer vor sich gehen. Die Transgression hätte also normal gesalzenes Wasser und eine reiche Strandfauna mitbringen müssen, wie sie für Meeresküsten charakteristisch ist. Die Fauna des Röt muß aber als eine ausgesprochene Kümmerfauna bezeichnet werden. Fänden wir gar keine Fossilien im Röt, so könnten wir vielleicht von mangelhafter Überlieferung sprechen, so aber kann dieser Grund nicht gelten, zumal ja diese Fauna unter den Schutz ständig tiefer werdenden Wassers geraten wäre. Das Material des Oberen Buntsandsteins ist bei genügendem Karbonatgehalt zur Erhaltung einer Fauna als durchaus geeignet anzusehen, zum mindesten hätten Abdrücke hinterbleiben müssen. Auch bei einer „Ingression" müssen wir diese Forderung stellen. Selbst wenn das Meer seinen Weg durch die Flußläufe genommen hätte — was übrigens selbstverständlich ist — irgendwo hätte sich doch immer ein Strand mit zugehöriger Fauna ausbilden müssen. — Eine Röttransgression ist aber noch aus anderen Gründen unmöglich. Auch der Obere Buntsandstein zeigt ja die mannigfachen Erscheinungen des Trockenlaufens, wie Steinsalzpseudomorphosen, Gips- und Steinsalzlager, Trockenrisse, Tierfährten usw. Da diese Erscheinungen in den verschiedensten Horizonten vorkommen und sich über ganz Deutschland verbreitet finden, so hätte entweder der Spiegel des Weltmeeres unaufhörlich auf- und abschwanken oder die Sedimentoberfläche des Germanischen Beckens sich periodisch heben und senken müssen. Das letztere ist aber höchst unwahrscheinlich, denn gerade die Buntsandsteinzeit ist eine typisch anorogene. Tektonische Bewegungen hätten nur in Form von epirogenen auftreten können, diese aber verlaufen nicht nur entsprechend langsam, sondern im allgemeinen auch gleichgerichtet. Derart häufige Richtungsänderungen, wie die Erscheinungen im Röt sie erfordern müßten, wären mit epirogenen Gesetzmäßigkeiten jedenfalls unvereinbar.

Wollte man die Schwankungen aber auf wechselnde Wasserzufuhr durch Flüsse zurückführen, so wäre man doch wieder bei einer terrestrischen Auffassung angelangt und das Problem der Rötfauna bliebe ungeklärt.

Ungeklärt bliebe auch nach wie vor der allmähliche Übergang des Gesteins, denn zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein läßt sich ebensowenig eine scharfe Grenze ziehen wie zwischen Röt und Muschelkalk. Aber auch aus anderen Gründen würde es nicht viel helfen, den Oberen Buntsandstein von der terrestrischen Entstehung auszunehmen. Auch der Mittlere Buntsandstein enthält ja eine Fauna, die marine Beeinflussung erkennen läßt. Da sind nicht nur Ganoidfische wie *Semionotus*, *Pygopterus*, *Gyrolepis* und andere, die ihre nächsten Verwandten im Meer haben, da ist nicht nur *Ceratodus*, der viel öfter in der marinen Trias vorkommt, sondern da sind vor allen Dingen die marinen Würmer, die von BLANCKENHORN

(1907), KOLESCH (1921), SOERGEL (1923), PRELL (1925), R. RICHTER (1924 u. 1926) und SCHINDEWOLF (1920 u. 1923) ausdrücklich als marin und im Mittleren Buntsandstein vorkommend bezeichnet werden. MÄGDEFRAU (1932) hat weitere Horizonte, darunter auch einen im Unteren Buntsandstein, nachgewiesen. R. RICHTER hat (1924 u. 1926) gezeigt, daß es sich bei diesen Tieren um Rhizocoralliden handelte. Die Spreite und die Unverzweigtheit der Wohnröhren beweisen, daß diese Tiere nicht Sedimentfresser waren, sondern — wie R. RICHTER betont — Planktonfischer.

„Ein Planktonreichtum", sagt RICHTER (1926, S. 215), „der Würmer von solcher Größe und solcher Siedeldichte ernähren kann, ist nach unseren heutigen Kenntnissen im Süßwasser unwahrscheinlich und spricht für meerische Verhältnisse." —

Für marine Beeinflussung sprechen ferner *Gervilleia Murchisoni* GEIN., *Aucella Geinitzi* EBERT und *Turbonilla Weißenbachi* JOH. WALTH. *Gervilleia Murchisoni* bedeckt oft ganze Schichtflächen. Ihr Vorkommen bei Roda i. Thür. ist kein vereinzeltes mehr. Nach BLANCKENHORN sind allein im Kellerwald 200 Fundstellen bekannt. Außerdem kommt sie bei Saalfeld (ZIMMERMANN), bei Gelliehausen im Eichsfeld (EBERT) und bei Teutschental (WÜST) vor. Auf Blatt Eisenberg sind nach STEINER (1933, S. 249) mindestens 10 gervilleienführende Bänke vorhanden, sicherlich aber mehr, da die Gervilleien auch auf den Feldern über der Beobachtungsstelle in großer Zahl gefunden werden. Wenn nun nach M. SCHMIDT (1928, S. 14) die Gervilleienschichten mit ihrer „so gut wie sicher marinen Fauna" eine offene Verbindung mit dem Meer bedeuten, so mußte sich eine solche Verbindung recht häufig ergeben haben. Danach wäre es dann auch unmöglich, *Gervilleia Murchisoni* als ein Relikt aufzufassen, wogegen sich schon KOKEN (1905, S. LXXVII) gewandt hat.

Als Beweis für marine Entstehung könnten auch Kalk, Dolomit, Gips und Salz herangezogen werden. Besonders Dolomitvorkommen geben zu denken, denn dieses Karbonat ist in rezenten terrestrischen Ablagerungen noch niemals einwandfrei nachgewiesen worden. Auch wäre es zum mindesten auffallend, daß zwischen den marinen Zechsteindolomiten und den marinen Dolomiten des Oberen Buntsandsteins auf einmal terrestrisch entstandene Dolomite eingelagert sein sollten, zumal eine scharfe Grenze innerhalb des Gesteinskomplexes nicht zu erkennen ist. Schwierig dürfte es jedenfalls sein, das dolomitische Bindemittel, die oolithischen Strukturen, die Tigersandsteine und Rogensteine des Unteren Buntsandsteins als rein terrestrische Bildungen zu erklären. Auch der Mittlere Buntsandstein zeigt, wie HEEGER (1913) nachgewiesen hat, in Ostthüringen und wohl auch an anderen Stellen oolithische Struktur und außer Dolomit auch Gipsresiduen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, daß die Vertreter einer marinen Beeinflussung nicht ohne Grund zu ihrer Annahme gekommen

sind, und doch wird die Unmöglichkeit einer dauernden Wasserbedeckung durch die Trockenrisse, Tontüten, Salzpseudomorphosen, Regentropfeneindrücke, Tierfährten, Geröllhorizonte usw. unwiderleglich bewiesen.

Mit der Unmöglichkeit einer marinen Entstehung galt nun aber nach bisheriger Auffassung eine terrestrische Aufschüttung der Buntsandsteinmassen ohne weiteres als sicher. Da Transport durch Wind (E. FRAAS 1889) bestenfalls für geringe Teile der Sedimente in Frage kommen konnte, schien ein Zweifel an einer fluviatilen Aufschüttung ausgeschlossen. Prüfen wir nun aber einmal unvoreingenommen, welche Beweise für eine fluviatile Aufschüttung der Buntsandsteinsedimente vorliegen, so müssen wir erkennen, daß positive Beweise nicht vorhanden sind, daß vielmehr sogleich Unstimmigkeiten auftreten, sobald wir die Buntsandsteinsedimente mit zweifellosen rezenten oder diluvialen Flußablagerungen vergleichen.

Nun scheiden allerdings dauernd fließende Wasserläufe von vornherein aus, ebenso auch periodisch trockene Flußläufe, sofern ihre abkommenden Fluten das Meer erreichen, denn in solchen Wasserläufen muß die Erosion die Sedimentation überwiegen, solange sie dem Meere Detritus zuführen. Sie werden daher ein Bett einschneiden, das im Durchschnitt tiefer liegt als das durchflossene Gelände. An dieses Bett sind sie im wesentlichen gebunden und können somit nicht flächenhaft aufschütten. Nur solche Flüsse, die wie z. B. der Tarim auf ihrem eigenen Schuttfächer seitwärts abgleitend über weite Flächen hin und her pendeln, können für die Aufschüttung der Buntsandsteinsedimente in Betracht gezogen werden. Dieses seitliche Abgleiten und Pendeln des Flusses muß sich aber in einer spezifischen Ablagerungsstruktur widerspiegeln. Im Vertikalschnitt rechtwinklig zur Strömungsrichtung muß sich eine bogenförmige Struktur ergeben, in der Aufsicht eine fächerförmige. Kommt zu diesen seitlichen Verlagerungen noch ein Wechsel von Vorstößen und Rückzügen infolge schwankender Wasserführung hinzu, so muß jeder Vorstoß ein Einschneiden in ältere Sedimente, jeder Rückzug eine vorzeitige Aufschüttung mit sich bringen. Diese Ereignisse müssen im Querschnitt ebenfalls durch bogenförmige Linien zum Ausdruck kommen. Zwar können diese typischen Strukturen durch Windwirkung gestört werden, doch werden sich auch bei Dünenbildung neben gekrümmten nur schräge Linien einstellen, niemals aber weithin aushaltende, planparallele Schichten entstehen können.

Die Ablagerungsform des Buntsandsteins ist nun aber vorwiegend durch horizontale und parallele gerade Linien ausgezeichnet. Der größte Teil der Buntsandsteinsedimente ist planparallel geschichtet und gebankt. Zwar kommt auch Kreuzschichtung nicht selten vor, doch ist ja Kreuzschichtung durchaus kein Beweis für fluviatile Aufschüttung. Auch werden diese Vorkommen sehr bald immer wieder

durch (ehemals) horizontale planparallele Schichtfugen abgeschnitten und finden durch die im folgenden entwickelte Hypothese ihre zwanglose Erklärung. Diese Vorkommen von Kreuzschichtung könnten auch niemals genügen, um den Buntsandstein als fluviatile Bildung zu charakterisieren, es blieben noch immer mächtige, planparallel geschichtete und gebankte Schichtenstöße zu erklären übrig, die keinerlei Kreuzschichtung aufweisen, besonders im Unteren Buntsandstein. Dagegen würde eine einzige geradlinige Schichtfuge, die über einige Kilometer aushält, der fluviatilen Erklärung unüberwindliche Schwierigkeiten machen.

Ein unvoreingenommener und sorgfältiger Vergleich dessen, was die Theorie einer fluviatilen Aufschüttung fordert und dessen, was die Wirklichkeit bietet, muß somit zu dem Schluß führen, daß der Buntsandstein der Ablagerungsstruktur nach kein fluviatiles Sediment sein kann. Er muß vielmehr durch ein flächenhaft wirkendes Medium abgelagert worden sein.

KUMM (1928) und BRINKMANN (1933) haben sich bemüht, Strömungsrichtungen im Buntsandstein nachzuweisen, KUMM auf Grund von Geröllmessungen, BRINKMANN auf Grund statistischer Messungen an Kreuzschichtungen. Wohlgemerkt kann es sich hierbei aber nur um Strömungsrichtungen handeln. Es ist ein Fehler, die Begriffe „fließendes Wasser“ und „Wasserläufe“ ohne nähere Prüfung gleichzusetzen. Diese Prüfung ist aber in keiner der beiden genannten Arbeiten erfolgt. Hier von Flüssen zu sprechen, wäre genau so fehlerhaft, als wenn man die Erosionserscheinungen unter dem Schilfsandstein des Keupers für Flußbetten hielte. Auf THÜRACHs Kartenskizze (1888, S. 139) ist in der linken oberen Ecke ein Stück des Mains zu sehen. Man vergleiche nur diesen rezenten — als dünne Linie gezeichneten — Flußlauf mit den angeblichen Flußbildungen im Hangenden der Estherienschichten. THÜRACH selbst hat vorsichtshalber auch den richtigeren Ausdruck „Flutbildungen“ vorgezogen. Auch im Muschelkalk finden wir — besonders in den Oolithbänken — Kreuzschichtung, die der im Buntsandstein im höchsten Maße ähnlich ist, dennoch wird niemand aus diesen Vorkommen auf fluviatile Aufschüttung schließen wollen.

Im Zusammenhang mit der Aufschüttung der Buntsandsteinsedimente wird oft der Ausdruck „Schuttkegel“ verwendet. Schuttkegel haben nun aber ihre größte Mächtigkeit zunächst ihrem Ursprungshange, die Buntsandsteinhorizonte aber im Beckentiefsten, also in denkbar größter Entfernung vom Anstehenden. STRIGEL (1929, S. 420) hat diese Unstimmigkeit bereits erwähnt und als „Inversion“ bezeichnet. Auch Schuttkegel sind somit zur Erklärung flächenhafter Ablagerung nicht geeignet, hierzu bedarf es vielmehr eines selbst schon flächenhaft wirkenden Mediums. Da hat nun das schöne Wort „Schichtflut“ (MAC GEE 1897) zur rechten Zeit sich eingestellt. Wenn

man aber behaupten wollte, Regenfluten könnten in breiter Front flächenhaft wirken, so würde man sich einer Übertreibung schuldig machen. Selbst an einer Glasscheibe können keine „Schichtfluten" entstehen, wenn man nicht besondere Präparate anwendet. Immer wird sich das Wasser sehr bald zu Rinnsalen zusammenfinden, die dann linear wirken.

Die Schichtfluten und Schuttströme setzen aber steile Hänge voraus, von denen sie herabgleiten können. War ein solches Gefälle aber vorhanden in der Buntsandsteinzeit? — Das erscheint mir doch außerordentlich unwahrscheinlich. Unter den Buntsandsteinsedimenten finden wir die Permische Abrasionsfläche, und wenn diese auch wirklich noch schwache Wellen hatte, dann waren diese vom Zechstein bereits ausgeglichen worden, von unbedeutenden Ausnahmen im Schwarzwald abgesehen. Der Buntsandstein selbst aber ist ein Aufschüttungsprodukt, konnte also selbst nur ausgleichend wirken, niemals aber steile Hänge erzeugen. Von tektonischen Ursachen aber, die neue Unebenheiten hätten schaffen können, wissen wir nichts in dieser ausgesprochen anorogenen Zeit.

Somit hätte sich das für „Schichtfluten" und „Schuttströme" erforderliche starke Gefälle nur außerhalb des Beckens in Form von Randgebirgen finden können. STRIGEL (1929) hat einen Teil der süddeutschen Buntsandsteinsedimente von dem sagenhaften „Vindelizischen Gebirge" hergeleitet, dessen „hochragende Ketten" angeblich die regenschwangeren Wolken zur Entladung gebracht hätten, die zur Regenzeit herangezogen wären.

Wo sollte nun aber hier ein echtes Gebirge herkommen? — Zu einer Zeit, als in der Tiefe des Beckens die variscischen Gebirge längst zu einer hochgradig ebenen Fläche abrasiert waren, hätte sich ein gleichalteriges Gebirge als Krönung eines Hochgebietes erst recht nicht erhalten können, denn hier hätten die (subaerisch, wohlgemerkt!) abtragenden Kräfte ja in viel stärkerem Maße angreifen können und müssen. In der Trias selbst aber ist die Auffaltung eines Randgebirges ohne Nebenwirkung auf die Germanische Senke mehr als unwahrscheinlich.

So könnten hier nur epirogene Bewegungen wirksam gewesen sein. Es versteht sich ja von selbst, daß der Germanischen Geosynklinale eine südliche Geantiklinale entsprechen mußte. Wenn wir nun wissen, wie langsam sich die Geosynklinale einsenkte, so müssen wir daraus folgern, daß sich die Geantiklinale genau so langsam heraushob. Wenn es nun weiter als epirogenetischer Grundsatz (SCUPIN 1928, S. 349) gilt, daß Einsenkung und Ausfüllung der Geosynklinale gleichzeitig erfolgen, so muß auch die Abtragung der Geantiklinale mit ihrer Emporwölbung Schritt gehalten haben. Die Abtragung der Geantiklinale muß sich im wesentlichen in demselben Zeitraum vollzogen haben, in dem die Ausfüllung der Geosynklinale vor sich ging, denn die Geantiklinalen lieferten ja doch die Schuttmassen dazu.

Ebenso, wie in der Germanischen Geosynklinale niemals eine Tiefsee zur Ausbildung kommen konnte, so konnte sich auch die Vindelizische Geantiklinale niemals zu einem Hochgebirge auftürmen.

So muß denn das „Vindelizische Gebirge" endlich verschwinden aus unseren paläogeographischen Vorstellungen und mit ihm die „Ruckregen", „Schichtfluten" und „Schuttkegel", und nichts anderes bleibt übrig als eine weitgehend abrasierte, nach Süden hin ganz sanft ansteigende Fläche.

Wenn nun aber Flüsse und Schichtfluten versagen und auch dauernde Meeresbedeckung nicht in Frage kommen kann, welches Medium und welche Transportkraft hat dann die Sande und Gerölle des Buntsandsteins zusammengeschwemmt? —

Die Sedimentation im Zechstein.

Um der Lösung dieses Problems näher zu kommen, müssen wir auch auf die marine Sedimentation des hier behandelten Zeitabschnittes einen Blick werfen. Da erregen zunächst die mächtigen Salzlagerstätten im Zechstein unsere Aufmerksamkeit. Von den Theorien, die zur Erklärung ihrer Entstehung aufgestellt worden sind, können die Wüstenpfannentheorie WALTHERS (1903 u. 1912) und die Barrentheorie von OCHSENIUS (1877) als bekannt und widerlegt gelten. Ich kann mich darauf beschränken, mich mit FULDA und ZIMMERMANN auseinanderzusetzen.

FULDA (1928, S. 146) nimmt an, daß der Salzgehalt des Zechsteins dem Meere entstammt, das dreimal katastrophenartig in das Germanische Becken eingebrochen sein soll: 1. Zu Beginn des Kupferschiefers, 2. zu Beginn des Stinkschiefers des Mittleren Zechsteins, 3. zur Zeit des Grauen Salztons. Nach dem 1. Einbruch soll eine schmale und flache Verbindung mit dem Weltmeer bestanden haben, (also eine Barre), bis die Sättigung für Chlornatrium annähernd erreicht war. Mit Beginn des Mittleren Zechsteins soll diese Verbindung erloschen sein.

Es ist bei diesen Voraussetzungen schwierig für FULDA, die großen Mächtigkeiten der Salzlagerstätte zu erklären, er ist gezwungen, eine Wassertiefe von ursprünglich 2000 m anzunehmen. Eine solche Annahme steht aber in Widerspruch mit der sehr geringen Wassertiefe im Kupferschiefer (vgl. WEIGELT 1930).

2000 m würden auch bei weitem nicht genügen, die Mächtigkeiten der Salzlagerstätte begreiflich zu machen. Wie FULDA (1923, S. 3) selbst angibt, sind an einigen Stellen Deutschlands Anhydritlager von bis zu 500 m Mächtigkeit erbohrt worden. Da nun aber zum Absatz von 1 m Anhydrit eine Wassersäule von rund 2200 m gehört, wäre eine Wassertiefe von über einer Million Meter erforderlich gewesen, um die erbohrte Anhydritschicht ausfallen zu lassen. Schon allein der Obere Anhydrit des Mittleren Zechsteins mit seinen

25 m würde eine Wassertiefe von 50 000 m voraussetzen, abgesehen davon, daß die Herkunft dieses Oberen Anhydrits an sich schon ein Rätsel ist. Als das Älteste Salz ausgefallen war, mußte der Anhydritgehalt des Meerwassers ja längst erschöpft sein. Da die Barre nach FULDA (1924, S. 16) aber schon während des Unteren Anhydrits außer Funktion trat und der neue Meereseinbruch erst mit Beginn des Stinkschiefers eingetreten sein soll, bleibt die Herkunft der 25 m Anhydrit rätselhaft. — Unerklärt bliebe unter anderem auch die Mächtigkeit des Hauptanhydrits, der 50 m erreicht und demnach eine Wassertiefe von über 100 000 m voraussetzen würde. Derartige und ähnliche Unstimmigkeiten ließen sich noch mehrere anführen.

Um das Quantitätsproblem zu lösen, hat FULDA (1927, 1928, 1932) eine neue Hypothese in die Literatur eingeführt. Er vergleicht das Zechsteinbecken mit dem Assalsee in franz. Somaliland und nimmt dabei an, der Wasserspiegel des Zechstein-Salzsees habe um ein ansehnliches Maß unter dem des Weltmeeres gelegen und es sei Meerwasser durch die Umrandung des Zechsteinbeckens hindurchgesickert, den Salzgehalt des Beckens auf diese Weise kontinuierlich vermehrend.

Wir kennen nun aber viele Salzlagerstätten in der Welt, für die mehr oder weniger alle das Quantitätsproblem zu lösen ist. Sollen nun die übrigen permischen Salzlagerstätten, z. B. in Mexiko und in Rußland, sowie die zahlreichen Salzvorkommen in anderen Formationen alle in dieser merkwürdigen Weise entstanden sein, die so selten erfüllte Bedingungen zur Voraussetzung hat? — In Deutschland allein kennen wir Salze aus dem Zechstein, Unteren Buntsandstein, Oberen Buntsandstein, Mittleren Muschelkalk und Mittleren Keuper. Dazu kommt eine Unzahl von Gipslinsen, deren Entstehung mit der der Salze auf das engste verknüpft ist. Sollten nun alle diese Vorkommen leichtlöslicher Stoffe durchlässigen Schichten in der Umrandung ihrer Becken ihr Dasein verdanken? — Am Ostufer des Bahr-el-Assal sind es durchlässige Tuffe, welche dem Meerwasser den Durchtritt gestatten, in der Umrandung des Zechsteinbeckens sind jedoch keine vulkanischen oder sonstigen durchlässigen Schichten bekannt, welche dieselbe Rolle hätten spielen können.

Bei kleineren Salzlagerstätten des Mittleren Muschelkalks und des Röt und bei vielen Gipsvorkommen des Keupers kennen wir aber die Beckenumrandung ziemlich genau und können unterirdische Zuflüsse aus dem Weltmeer mit Bestimmtheit ausschließen. Auf diese Vorkommen wäre die Durchsickerungshypothese jedenfalls nicht anwendbar.

Die Umrandung des Zechsteinbeckens ist uns in ihren nördlichen und östlichen Teilen leider nicht bekannt, desto genauer kennen wir aber den inneren Aufbau der Salzlagerstätte, und mit diesem stimmt die Hypothese der unterirdischen Zuflüsse keineswegs überein. Die Zechsteinschichten zeigen in vertikaler Richtung einen be-

stimmten Ablagerungsrhythmus, eine Periodizität, die man auf die verschiedenste Weise zu erklären versucht hat. Man hat sie als jahreszeitlich bedingt angesehen und auf periodisch wechselnde Temperaturen oder Zuflüsse zurückgeführt. Aber FULDA hat diese Erklärungsversuche — meines Erachtens mit Recht — abgelehnt und hat seine Hypothese der rhythmischen Fällungen (1921) an ihre Stelle gesetzt.

FULDA beschränkt sich darauf, die Rhythmik der „Jahresringe" im Älteren Steinsalz zu erklären, während wir rhythmische Ausscheidungen doch auch im Mittleren Zechstein, besonders im Anhydrit und Stinkschiefer (vgl. ZIMMERMANN 1913) und auch in den Kalisalzen antreffen. Er zieht ferner nur den Wechsel von $NaCl$ und $CaSO_4$ in den Kreis seiner Betrachtungen, die „Jahresringe" zeigen aber einen gesetzmäßigen Aufbau, an dem sehr viel mehr Stoffe beteiligt sind. An der Basis eines jeden Jahresringes findet sich im allgemeinen ein äußerst dünnes Häutchen feinklastischer Art abgelagert, dem sich kohlenstoffhaltige oder andere färbende Beimischungen zugesellen. Dieser untersten Schicht mengt sich mehr und mehr Anhydrit zu, dem dann das Kochsalz, die Kali- und Magnesiumsalze folgen. Nicht Anhydrit folgt somit auf Kochsalz, wie FULDA (1921, S. 109) meint, sondern Kochsalz auf Anhydrit, wofür die feinklastischen und färbenden Einschaltungen den Beweis liefern.

Da die feinklastischen Beimengungen nicht durch die Beckenumrandung sickern konnten, hätten sie günstigstenfalls eingeweht sein können. Dann aber müßten wir sie feinverteilt oder wenigstens unregelmäßig im Salz finden, während andererseits gerade der Anhydrit, der ja gewissermaßen ruckartig ausfallen sollte, nachdem die Grenze des metastabilen Bereichs überschritten war, von feinklastischen und färbenden Beimengungen am ehesten frei sein müßte.

Der Rhythmus der Ablagerung erstreckt sich im Mittleren Zechstein aber auch auf den Wechsel von Anhydrit und Dolomit. Im Stinkschiefer wechseln nach ZIMMERMANN (1913) zwei verschiedene Karbonate miteinander ab, im Mittleren Muschelkalk beteiligt sich sogar feiner Sand an der rhythmischen Ablagerung, wie REIS (1909, S. 32) festgestellt hat.

Diese Beobachtungstatsachen durch Übersättigung der Lösungen zu erklären, dürfte jedenfalls unmöglich sein, ebenso wie es FULDA nicht möglich sein wird, die Konglomerate, Erosionserscheinungen und schüsselförmigen Neubildungen in der Carnallitregion seiner Hypothese harmonisch einzufügen.

Nach FULDA (1921) soll sich das $CaSO_4$ erst abscheiden, wenn die Konzentration die Grenze des metastabilen Bereichs überschritten hat. Dieses Ereignis sollte schon zu einer Zeit, als nur $NaCl$ als Bodenkörper vorhanden war, infolge Einengung regelmäßig eintreten. Sobald sich nun aber Kalium- und Magnesiumsalze an der Aus-

scheidung beteiligen, mußte die Grenze des metastabilen Bereichs in bezug auf $CaSO_4$ von vornherein überschritten gewesen sein. Da wir aber auch in der Polyhalit-, Kieserit- und Carnallitregion periodische Ablagerungen haben, so ist damit unwiderleglich bewiesen, daß diese Periodizität nicht im Sinne FULDAs entstanden sein kann.

Die Durchsickerungshypothese FULDAs ist mit dem periodischen Aufbau der Zechsteinsalze nicht in Einklang zu bringen. Will FULDA aber auf diese Hypothese verzichten, so bleibt neben anderen Unstimmigkeiten das Quantitätsproblem ungelöst.

Wenn es FULDA trotz allem Scharfsinn und trotz seinen umfassenden Kenntnissen nicht gelungen ist, das Problem der Entstehung der Salzlagerstätten zu lösen, so kann man mit einigem Recht behaupten, daß es dann unter den bisherigen Voraussetzungen und Grundanschauungen überhaupt unlöslich ist, daß vielmehr völlig neue Wege beschritten werden müssen.

Die Großflutenhypothese.

Einen neuen Weg, die Periodizität im Aufbau der Zechsteinsalze zu erklären, hat ZIMMERMANN (1913) eingeschlagen. In derselben Abhandlung, in der er die Parallelisierung von Plattendolomit und Hauptanhydrit durchgeführt hat, spricht er auch an Hand von Bohrkernen aus dem Stinkschiefer und dem Anhydrit des Mittleren Zechsteins über die sogenannten „Jahresringe". Er kommt zu dem Schluß, daß die papierdünne Feinschichtung im Stinkschiefer und Anhydrit, der tausendfache Wechsel verschieden löslicher Substanzen wie Ton, Karbonat, Sulfat und Salz nur durch mächtige periodische Überflutungen erklärbar seien. Über eine supramarine Barre seien durch regelmäßig wechselnde Winde — Monsune — periodisch bestimmte Mengen frischen Meereswassers in eine Depression hineingeschoben worden. Die Barre sei dabei von jeder eintretenden Großflut geöffnet, von jedem Gegenmonsun dagegen wieder geschlossen worden.

Wenn ein so exakter und kritischer Wissenschaftler wie ZIMMERMANN zu Monsunen seine Zuflucht nimmt, dann muß er wirklich zwingende Gründe haben. Ich halte es nicht unbedingt für notwendig, Monsune zur Erklärung heranzuziehen, meines Erachtens ließe sich eine bessere Erklärung finden, die nicht nur die Textur der Zechsteingesteine, sondern auch alle die Widersprüche in der permischen und triadischen Sedimentation überhaupt beseitigen könnte. Wir wollen jedoch zunächst einmal diese Hypothese der ZIMMERMANNschen Großfluten, gleichgültig, ob sie durch Monsune hervorgerufen wurden oder durch andere Ursachen, darauf hin prüfen, ob sie geeignet ist, die Beobachtungstatsachen lückenlos zu erklären.

ZIMMERMANN spricht von einer leicht zerstörbaren Barre, die von jeder, vom Meere herkommenden Flut zerstört, sogleich danach aber durch eine Gegenwirkung wiederhergestellt werden soll. Daß

eine supramarine Barre durch eine Großflut zerstört werden kann, ist einleuchtend, nicht aber, wie sie in kurzer Zeit wieder aufgebaut werden soll. Unerklärt bleibt ferner, wie in dem verhältnismäßig engen Zechsteinbecken eine Gegenwirkung zustande kommen sollte.

Mir scheint vielmehr, daß die supramarine Barre sogar sehr schwer zerstörbar gewesen sein muß, denn die Erscheinungen, die ZIMMERMANN erklären will, dauerten ja nicht nur einige hundert Jahre an, sondern die ganze Zechsteinzeit hindurch, ja sie hielten, wie wir noch sehen werden, während der ganzen Trias an, womit nicht gesagt sein soll, daß sie nicht noch länger währten. Wäre die ZIMMERMANNsche supramarine Barre nur eine kurze und schmale Nehrung gewesen, so hätte sie allerdings rasch zerstört werden müssen und zwar so gründlich, daß sie durch keine Gegenwirkung hätte wieder aufgebaut werden können; denn die Wassermassen, die sich in die Depression ergossen, müssen ja ganz gewaltige gewesen sein. Unmöglich hätte eine Art Damm zwischen dem Weltmeer und einer Depression periodischen Fluten, die darüber hinweggingen, auf die Dauer widerstehen können. Für längere Zeit haltbar konnte eine trennende Landmasse zwischen Depression und Weltmeer nur sein, wenn sie eine gewisse ansehnliche Ausdehnung in der Stromrichtung besaß und wenn die Großfluten in breitester Front daherkamen. Von einer supramarinen Barre dürfen wir also überhaupt nicht sprechen, sondern müssen uns vielmehr vorstellen, daß hohe und breite Fluten über eine Landschaft hinweggingen, in die irgendwelche Hohlformen eingesenkt waren. Ich nehme keinen Anstand, mir vorzustellen, daß diese Großfluten periodisch über Länder von der Größe Deutschlands hinweggingen, wenn nicht gar über ganze Kontinente. Derartig hohe, langsam laufende und in breitester Front über die ganze Landschaft schreitende Großfluten wirkten nicht nagend, sondern vielmehr abrasierend, einebnend und ausgleichend. Wir können uns das Zechsteinbecken in eine weite, hochgradig abrasierte Ebene eingesenkt denken, wie einen Ätzfleck auf einer Stahlpolitur. Ein solches morphologisches Landschaftsbild wäre unter rezenten Abtragungsverhältnissen unmöglich, die Großfluten nur vermochten alle ursprünglich entstehenden Unebenheiten abzurasieren, oft noch, ehe sie völlig herausgewachsen waren. Die Vertiefungen aber wurden langsam mit dem Schutt der Erhebungen oder mit chemischen Absätzen zugefüllt.

Die Großflutenhypothese würde in dieser abgeänderten Form also folgendes besagen:

Über die Landoberfläche liefen in breitester Front periodisch hohe Meeresfluten und erfüllten in die Landschaft eingesenkte Hohlformen mit klastischen und salinaren Sedimenten.

Periodische Wasserbewegungen im Meer sind uns heute in Gestalt der Gezeiten vertraut. Da liegt es nahe, die Großfluten als Gezeiten

gewaltigen Ausmaßes anzusehen. Keine Tatsache zwingt uns zu der Annahme, die Gezeiten seien hinsichtlich ihrer Fluthöhe und Periodizität stets unverändert geblieben, im Gegenteil, von allen möglichen Fällen wäre der einer solchen Konstanz der unwahrscheinlichste.

Es entsteht nun aber die Frage, wie hoch diese Großgezeiten und wie lang ihre Perioden gewesen sein könnten. Zahlenmäßige Angaben hierüber zu machen, ist naturgemäß schwierig, zunächst aber auch nicht erforderlich. Es kommt vielmehr darauf an, nachzuweisen, daß die Randgebiete des Germanischen Beckens, in erster Linie also die Vindelizisch-böhmische und die Rheinische Geantiklinale, von den Großgezeiten überflutet werden konnten. Daß die Vindelizische Geantiklinale nur ein flacher Rücken sein konnte, ist bereits gezeigt worden. Dasselbe gilt aber auch für die Rheinische und Böhmische Masse. Beide lassen die Spuren einer flächenhaften Abtragung erkennen. Nun ist aber eine marine Abrasion im Sinne v. RICHTHOFENs nicht möglich, nach bisher maßgebender Ansicht sollten diese Rumpfflächen vielmehr subaerisch entstanden sein.

Durch subaerische Abtragung kann eine Fläche aber erst dann entstehen, wenn die Landschaft bis dicht über ihre Erosionsbasis erniedrigt ist. Die Erosionsbasis für die Böhmische Masse kann nur der Spiegel der Tethys oder die Sedimentoberfläche des Germanischen Beckens gewesen sein. Da aber das Meer im Zechstein und im Buntsandstein nach herrschender Ansicht wiederholt einbrach, ist letzten Endes auch hier der Spiegel des Weltmeeres die Erosionsbasis gewesen. Bis dicht über diesen Spiegel mußte jedes Hochgebiet erniedrigt sein, bevor eine Abtragungsfläche hätte entstehen können. Für die Rheinische Masse gilt sinngemäß dasselbe und würde für jedes andere Hochgebiet gelten, auf dem eine Abtragungsfläche zur Ausbildung kam. Wäre die Abtragung aber mariner Art gewesen, so müßte sie ebenfalls im Meeresniveau liegen. In jedem Falle waren die Abtragungsgebiete so niedrig, daß sie von den Großgezeiten überspült werden konnten. Diesem zwingenden Schluß könnte man nur entgehen, wenn man nachweisen könnte, daß auf der Rheinischen und Böhmischen Masse zur hier behandelten Zeit keine Verebnung stattgefunden hat oder daß diese Gebiete nach der Verebnung episodisch wieder gehoben wurden. Eine orogene Hebung während der Trias kann schwerlich angenommen werden, dagegen ist eine epirogene Hebung der Geantiklinalen als Pendant zur Senkung der Germanischen Geosynklinale als sicher anzunehmen. Diese langsame Hebung beeinträchtigte jedoch nicht die Überspülung durch die Großgezeiten, im Gegenteil wird die Abtragung der Geantiklinalen, die Bildung der Abrasionsflächen und die Ausfüllung der Geosynklinale erst durch das Zusammenwirken von Epirogenese und Großgezeiten voll verständlich.

Was nun die Periodenlänge anbetrifft, so könnte man diese aus den Erscheinungen des Trockenlaufens, wie Steinsalzpseudomorphosen,

Trockenrissen usw. erschließen. Vergleichende Untersuchungen könnten hier Annäherungswerte schaffen. Auch die Fauna könnte Hinweise geben. Wenn SOERGEL (1928) beispielsweise aus der Entwicklung von Apodiden, die er in einem Tümpel der Buntsandsteinzeit bei Berka a. d. Ilm beobachtete, folgert, daß damals das Wasser periodisch mindestens 3 Wochen lang gestanden haben muß, so wäre diese Zeit als Minimum anzusetzen.

Was leistet die Großflutenhypothese?

Erklärung der permischen Probleme.

Nehmen wir periodische Fluten von solchem Ausmaß an, so wird es verständlich, wie die „Permische Abrasionsfläche" entstehen konnte. Nun haben wir ein Medium, welches die Geantiklinalen abrasierte und die Geosynklinalen ausfüllte, daß sie „oben stets glatt abgestrichen" waren (BRÄUHÄUSER 1910, S. 25). Die periodischen Großfluten waren es, die den wärend der Trockenzeiten verwitterten Schutt in die sich epirogen eintiefenden Senken schwemmten. Jetzt wissen wir auch, warum die Geantiklinalen zu den Geosynklinalen fehlen müssen. Die Geantiklinalen wurden ja von den Großfluten in demselben Zeitmaß abgetragen, in dem sie emporwuchsen.

Es soll im folgenden versucht werden, die Ablagerungsgeschichte der permischen und triadischen Sedimente in chronologischer Reihenfolge zu geben, um dabei zu zeigen, wie erst die Großflutenhypothese ein wirklich harmonisches Verständnis der Beobachtungstatsachen ermöglicht.

Infolge der karbonischen und permischen Orogenese herrschte im Rotliegenden im allgemeinen ein verhältnismäßig starkes Gefälle. Daraus erklärt sich die Grobstückigkeit vieler rotliegender Sedimente. Die hohe Beweglichkeit des Untergrundes ließ verhältnismäßig rasch Hohlformen entstehen, welche den Gesteinstrümmern schon nach kurzem Transportwege eine dauernde Ruhestätte boten. Darum herrschen im Rotliegenden — besonders im Oberrotliegenden — Konglomerate, Breccien und Arkosen vor. Je mehr aber die orogenetischen Phasen verklingen, desto feinkörnigere Sedimente — Sand und Ton — stellen sich ein.

Am Ende der Rotliegendzeit bildete sich infolge epirogener Einsenkung eine allseitig geschlossene Wanne aus, die sich nun dauernd mit Wasser füllte. So weit die dauernde Wasserbedeckung reichte, kam die rote Farbe der Sedimente nicht mehr zur Ausbildung, denn erstens wurde durch die dauernde Wasserbedeckung die Oxydation behindert, die sonst während der Trockenzeiten wirken konnte, und zweitens brachten die Großfluten, welche das Becken füllten, fortgesetzt organische Stoffe (Plankton) mit, die sich zersetzten und reduzierend wirkten.

Solange die Wassertiefe nur gering war, wurden die abgelagerten grobklastischen Sedimente noch von den Fluten und Brandungswogen bewegt und abgerollt. Es bildete sich so das Zechsteinkonglomerat, dessen Korn in den Randgebieten am gröbsten war, während es sich in Richtung auf das Beckeninnere zu Sandstein verfeinerte, dem sogenannten „Weißliegenden". Eine weitere Kornverfeinerung ergab sich mit zunehmender Wassertiefe; denn nun war es den Fluten nicht mehr möglich, grobklastische Sedimente in das Becken hineinzuschieben. Durch die dauernde Wasserbedeckung wurde die Kraft der Strömung und des Wellenschlages gebremst und ihre Transportfähigkeit aufgehoben, welche die Großfluten noch im Rotliegenden besessen hatten, wo eine solche dauernde Wasserbedeckung noch nicht vorhanden war, das Wasser einer jeden Großflut sich vielmehr wieder verlief und daher spülend und transportierend wirken konnte und mußte. Die dauernde Wasserbedeckung des Zechsteinbinnenmeeres dagegen wirkte wie ein Dämpfungskissen auf die Kraft der Großfluten.

Mit Zunahme der Wassertiefe stieg aber auch die Salzkonzentration im Becken, das die Fluten fortgesetzt mit salzigem Meerwasser füllten, während ständig reines Wasser verdampfte. Zuerst machte sich der hohe Gehalt an Sulfaten bemerkbar. Diese wurden durch die eingeschwemmten organischen Stoffe reduziert und es entstand Schwefelwasserstoff bezw. dessen Salze. Die Sulfide des Eisens, Bleis, Kupfers, Silbers, Kobalts, Nickels und anderer Metalle kamen zur Ausfällung. In diesem giftigen Wasser konnte das Benthos naturgemäß nicht gedeihen und ebenso mußten nektonische und planktonische Organismen, die mit den Großfluten in das Becken geführt wurden, absterben, sobald sich das frische Meerwasser mit dem vergifteten Beckenwasser bis zur tödlichen Konzentration vermischt hatte. Wenn die Kupferschieferfische so prächtig und zahlreich erhalten worden sind, so hat das seinen Grund in der Hauptsache darin, daß irgendwelche andere Tiere, von denen diese Fische hätten zerrissen und verzehrt werden können, in dem giftigen Wasser nicht lebensfähig waren.

POMPECKJs bekannter Vergleich mit dem Schwarzen Meer (1914, S. 444 u. 1920, S. 329) ist zum mindesten hinsichtlich der Wassertiefe unzutreffend. WEIGELT (1930) hat gezeigt, daß das Wasser des Kupferschiefermeeres nicht nur außerordentlich flach war, sondern auch stark bewegt.

Eine hohe Salzkonzentration wird auch durch die hohe Zahl feiner Gipshäutchen bewiesen, die nach FREYGANG (1923—24) in der Kammschale und dem oberen Teil der feinen Lette auftreten. Interessant ist auch der *Platysomus gibbosus* aus dem Stinkschiefer des Anhydrits, den LAATSCH (1931, S. 201) erwähnt. In einem so hoch konzentrierten Wasser, in dem Gips (wenn nicht gar Anhydrit) zur Abscheidung kam, konnte ein Fisch wie *Platysomus* gewiß nicht

leben. Er muß also in das Becken hineingetragen worden sein, was m. E. nur durch die Großfluten geschehen konnte.

Es ist natürlich, daß die Wasserzufuhr durch die periodischen Großfluten auf die Dauer nicht immer gleich bleiben konnte. Es mußten sich Schwankungen ergeben. Springfluten und Nippfluten, Sturmfluten und Windstau, auch die Schiefe der Mondbahn konnten Änderungen der Fluthöhe veranlassen. Ganz besonders aber mußten tektonische Ursachen Änderungen in der Wasserzufuhr veranlassen, indem sie die Verbindung des Zechsteinbeckens mit dem Weltmeer begünstigten oder erschwerten. Wir wissen, daß sich die Germanische Geosynklinale vom Rotliegenden an durch die ganze Trias- und Jurazeit hindurch epirogen einsenkte, während die Geantiklinalen entsprechend herausgehoben wurden. Naturgemäß gingen diese tektonischen Bewegungen nicht in stets gleichbleibendem Zeitmaß vor sich, es wechselten Zeiten beschleunigter Senkung mit Stillstandszeiten, ja, es konnten vorübergehend wohl gar Richtungsänderungen auftreten. Von diesen tektonischen Bewegungen hing in erster Linie der Charakter der Sedimentation ab. Es war von ausschlaggebender Bedeutung, ob sich die jeweilige Sedimentoberfläche oberhalb oder unterhalb des Weltmeerspiegels befand und ebenso, ob das Sedimentationsbecken ein allseitig abgeschlossenes war oder ob es an irgendeiner Stelle mit dem Weltmeer kommunizierte oder eine Abflußmöglichkeit für die Wassermassen der Großfluten bot.

Zur Zeit des Zechsteinkalkes hat offensichtlich eine Verdünnung des Beckenwassers stattgefunden, die den Brachiopoden und Bryozoen die Ansiedelung erlaubte. Bald aber stieg die Konzentration wieder an und es kam nun zur Ausscheidung der Sulfate und Chloride. Die staunenerregende Mächtigkeit dieser Salzmassen findet in Verbindnng mit ihrer Struktur erst durch die Großfluten ihre endgültige Erklärung.

Wäre ein Binnenmeer ohne Störung eingedampft, so müßten die verschiedenen Salzarten ihrer Löslichkeit entsprechend übereinander liegen. Auf die gesamte Kalziumsulfatmenge müßte die gesamte Karbonatmenge folgen, auf diese das gesamte Kochsalz, das wiederum von der gesamten Masse der Kalium- und Magnesiumsalze überlagert werden müßte. Den Beschluß müßten die Jodsalze bilden, die in einer abflußlosen Wanne keinesfalls fehlen dürften, ebensowenig wie ein Stein aus der abflußlosen Wüste getragen werden kann, wie WALTHER so oft betont hat.

So ist nun aber das Bild nicht, das die Wirklichkeit uns bietet. Wir finden die Schichten vielmehr in dauernder Wechsellagerung. Zwischen den Karbonaten finden wir regelmäßig Tonlagen eingeschaltet, die hauchdünn sein können, oft aber auch zu mächtigen Bänken anwachsen. Zwischen dem Anhydrit finden sich regelmäßig außer den Tonlagen auch noch Karbonatlagen, wie das ja ZIMMER-

MANN (1913) beschrieben hat. Im Kochsalz finden wir außer den Tonlagen und Karbonatlagen auch noch Anhydritlagen, in den Kalisalzen finden wir endlich außer Ton- und Anhydritlagen auch noch Kochsalzlagen eingeschaltet. Es gilt also die Regel, daß in jedem leichterlöslichen Sediment die schwererlöslichen Stoffarten in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit wieder auftreten. Man könnte hier einen Vergleich mit HAECKELs Biogenetischem Grundgesetz wagen und von einem „halogenetischen Grundgesetz" sprechen, ohne ihm allerdings die Bedeutung des ersteren beimessen zu wollen. Sowohl der Pfannentheorie als auch der Barrentheorie dürfte es schwer werden, diese Gesetzmäßigkeit zu erklären, während sie von der Großflutenhypothese gefordert wird. Jede Flut nahm ja beim Überschreiten der trennenden Landfläche eine gewisse Trübe auf, die dann als Tonhäutchen abgelagert wurde, jede Flut brachte eine gewisse minimale Menge Kalk mit, jede brachte Sulfate und Chloride.

Die Bildung mächtiger Kalksedimente ist ebenfalls ein Problem, das nur mit Hilfe der Großflutenhypothese gelöst werden kann. Bekanntlich ist $CaCO_3$ eine sehr schwerlösliche Verbindung, die natürliche Konzentration des Meerwassers an CO_2 genügt aber, die Löslichkeit des Kalkes durch Bildung des Bikarbonates um das dreifache zu erhöhen. Die Beständigkeit des Bikarbonates ist aber in hohem Maße von der Temperatur abhängig. Bei höherer Temperatur zerfällt es in $CaCO_3 + CO_2$. Da nun aber das Wasser in einem flachen Becken bedeutend wärmer sein muß als im offenen Weltmeer, das ja von einem der Pole her ständig kalte Zuflüsse[1]) erhält, so mußte die Wassermasse einer jeden Großflut, die in das Becken hineinlief, nach Durchmischung und Erwärmung ein hauchdünnes Häutchen von Kalksediment fallen lassen. War dieses Häutchen auch noch so dünn, im Laufe langer Zeiten mußte ein Wenig doch ein Viel ergeben.

Aus diesen Erwägungen kann geschlossen werden, daß die Ausscheidung von Kalk nicht eine Folge der Einengung ist, sondern eine Frage des Temperaturunterschiedes irgend welcher Wassermassen. Darum ist auch zur Abscheidung von Kalk nicht unbedingt ein völlig abgeschlossenes Becken notwendig. Kalk kann vielmehr überall entstehen, wo ein Temperaturunterschied auftritt. Wo aber ein abgeschnürtes Becken vorhanden war, das von Großfluten gespeist wurde, da mußte die Reihenfolge der chemischen Sedimente unbedingt mit der Ausfällung von Karbonaten beginnen.

Eine Ausscheidung von Kalk infolge Einengung kann für das Zechsteinbecken nicht in Betracht kommen; denn nach KAYSER (1925, S. 175) müßten „vom Meerwasser nicht weniger als drei Viertel verdunsten, ehe eine Abscheidung von Kalk erfolgen könnte. Aber

---

[1]) Im Perm waren Randgebiete der Tethys, z. B. Indien, vereist.

schon, wenn etwas mehr als ein Drittel verdunstet ist, beginnt die Abscheidung von Gips. Es müßte daher nahezu aller im Meere enthaltene Gips ausgeschieden werden, bevor eine Abscheidung von Kalk möglich wäre." — Und diesen Gips müßten wir unter den Karbonaten vorfinden, nicht aber darüber. Der Kalkgehalt des Meerwassers ist außerdem so gering, daß wir für ein abgeschlossenes Becken doch eine fortgesetzte Zufuhr annehmen müßten. Eine solche Zufuhr wird aber am besten durch die Großfluten verständlich. KAYSER will die Kalksedimente auf organischem Wege erklären. Die Unmöglichkeit dieser Annahme für das Zechsteinbecken wird deutlich, wenn man beispielsweise den geringmächtigen Dolomit unter dem Hauptanhydrit betrachtet oder die Wechsellagerung von Karbonaten mit Anhydrit, wie es ZIMMERMANN in der oben angeführten Stelle beschrieben hat. Auch der Karbonatgehalt des Kupferschiefers, welches Gestein sich in giftigem Wasser bildete, kann kaum von Organismen herrühren. Die enge Verbindung der Karbonate mit der Folge der leichter löslichen Salze schließt jeden Zweifel aus, daß auch die Karbonate im wesentlichen auf anorganischem Wege ausgefallen sind.

Die Entstehung der Kalilager ist eins der umstrittensten Probleme. Wenn es hier auch nicht möglich ist, alle die brennenden Fragen aufzurollen, so soll doch in kurzen Worten gezeigt werden, daß die Großflutenhypothese auch hier Wandel zu schaffen vermag. Nach den physikochemischen Theorien (vergl. EVERDING, 1907, S. 46) müßte der Carnallit sich früher ausscheiden als der Kieserit, wir finden in natura aber die Kieseritregion unter der Carnallitregion. Dieser Widerspruch erklärt sich aber, wenn man bedenkt, daß jede Einzelflut eine Konzentrationsverringerung bedeutete. Der Carnallit ist nach ERDMANN (1907) leichter löslich als Kieserit, daher wird soeben abgeschiedener Carnallit noch immer wieder durch das zusätzliche Lösungsmittel, das die Großflut mitbringt, gelöst werden, während Kieserit bereits liegen bleibt. Erst bei noch höherer Konzentration kann auch der Carnallit erhalten bleiben. Kainit dagegen würde durch das verdünnende Wasser der Großflut zersetzt werden, weil seine Zerfallsprodukte Sylvin und Kieserit nach ERDMANN schwerer löslich sind als das Doppelsalz. Darum kann Kainit in der ursprünglichen Salzfolge nicht auftreten, vielmehr wird Hartsalz an seine Stelle treten. Hartsalz kann aber auch auf ganz ähnliche Weise aus Carnallit-Gestein (Hauptsalz) entstehen, dem durch das ungesättigte Wasser der Großfluten das am leichtesten lösliche Magnesiumchlorid entzogen wird.

EVERDINGs Ausdruck „deszendentes Salz" ist nicht ganz zweckmäßig, weil es nicht möglich ist, eine „Muttersalzfolge" von einer „deszendenten" in jedem Falle zu unterscheiden. Auch die Muttersalzfolge ist schließlich insofern „deszendent", als eine jede Großflut irgendwelche Salze wieder löste oder zum mindesten die Konzentration

änderte und ändernd auf bereits abgelagertes Salz einwirkte. Eine ungestörte Eindampfung einer bestimmten Lösung wie in der Kristallisierschale hat eben niemals stattgefunden. Dennoch liegt aber dem EVERDINGschen Gedankengang viel treffendes zugrunde. In vielen Fällen hat doch eine Umwandlung der Kalisalze stattgefunden, die über das Maß des gewöhnlichen Großflutenrhythmus hinausging. Durch säkulare Schwankungen der Wasserzufuhr wurden an einigen Stellen Salze gelöst, Kolke und Flutrinnen ausgewaschen und in diesen Hohlformen wieder neue Spezialfolgen ausgeschieden. So erklären sich die Transgressionsflächen, die Diskordanzen, die Gerölle schwerer löslicher Salze und die Tonklumpen im Salz, die EVERDING (1907, S. 74f.) beschrieben hat.

„Die Hauptsalzkonglomerate", schreibt er S. 88, „werden aus Laugen ausgeschieden worden sein, die in strömendem Laufe die Trümmer zerstörter Teile des Kalimutterlagers mit sich fortführten. Solche Laugenströme mögen hervorgegangen sein aus Meereseinbrüchen, die das Kalimutterlager überfluteten. Da die Lösewässer, aus denen diese Laugen hervorgingen, aber gewaltsam in das Mutterhauptsalz einbrachen, so führten sie ungelöste Steinsalz- und Kieseritbrocken, Salztonbreccien und Borazitknollen als mechnisch eingemengte Gerölle mit sich fort". —

Diese richtigen Beobachtungen EVERDINGs haben nicht die gebührende Würdigung erfahren, die ihnen zukommt, und zwar deswegen nicht, weil sie mit den herrschenden genetischen Theorien nicht in Einklang zu bringen waren. Gewaltsame Meereseinbrüche sind weder mit der Wüstenpfannentheorie WALTHERs noch mit der Barrentheorie von OCHSENIUS noch mit der Theorie unterirdischer Zuflüsse FALDAs (1927) vereinbar. Wenn ein Meereseinbruch in eine Depression erfolgt, dann muß das Wasser diese Depression bis zur Spiegelgleichheit erfüllen. Es ist unwahrscheinlich, daß die vom Meer gerissene Bresche sich sogleich wieder nach Bedarf geschlossen habe. Da ferner konglomeratische Lagen und andere Symptome, die auf Meereseinbrüche schließen lassen könnten, in mannigfachem Wechsel immer wieder übereinander vorkommen, so müßte ein Meereseinbruch den anderen abgelöst haben und wir wären gezwungen, unaufhörliche Schaukelbewegungen der Erdrinde anzunehmen, wenn wir es nicht vorziehen, die Großflutenhypothese zur Erklärung heranzuziehen.

Auch mit der Thermometamorphose JAENECKEs (1917) sind diese Erscheinungen unvereinbar, denn JAENECKE braucht eine hangende Bischofitschicht, die bei wiederholten Meereseinbrüchen unmöglich gewesen wäre. Über dem Kalilager folgt aber der Graue Salzton, der wiederum die Kennzeichen starker Konzentrationsverringerung an sich trägt. Schon das Decksteinsalz ist eine typisch rezidive Bildung, um einen Ausdruck ROZSAs (1925 u. 1926) zu gebrauchen. Für ein hangendes Bischofitlager wäre somit weder Raum noch Möglichkeit.

Magnesiumchlorid ist ebenso wie die Jodsalze zu leicht löslich, als daß es bei der immer wieder eintretenden Wasserzufuhr und Verdünnung durch die Großfluten hätte zur Abscheidung kommen können.

Der Graue Salzton bedeutet eine Episode besonders starker Wasserzufuhr bezw. eine zeitweise Verbindung mit dem Weltmeer. Die Sedimentation von Salzen kam zum Stillstand, nur der Absatz der Tontrübe nahm seinen Fortgang. Außerdem aber wurden große Mengen bereits abgelagerter Salze wieder aufgelöst, die Tonzwischenlagen dagegen blieben als unlöslich zurück und schützten die liegenden Salzmassen, indem sie sich zu einer um so dickeren Decke anhäuften, je mehr Salz gelöst wurde. So trägt ein jedes Salzlager, das seinen Aufbau dem Rhythmus der Großfluten verdankt, seinen eigenen Schutzmantel in sich.

In den Randgebieten wird die rezidive Auflösung naturgemäß am stärksten wirksam gewesen sein und die hier gebildeten Tonmassen wurden durch die Großfluten langsam dem Beckeninnern zugeschoben. Daher ist die Mächtigkeit des Grauen Salztons bezw. der Unteren Letten in den Randgebieten etwas größer als in der Mitte des Beckens. In den Randgebieten, wo die Großfluten ja zuerst angriffen, mußte der „deszendente" Charakter der Salzmassen besonders deutlich zum Ausdruck kommen, während die Salzfolge im Beckeninnern am wenigsten abgetragen und aufgelöst wurde und somit noch am ehesten den Charakter einer „Muttersalzfolge" behalten konnte.

Durch die Hypothese der periodischen Großfluten erklärt sich schließlich auch die dolomitsche Randfazies und die Ausscheidungsanomalie im Zechstein. Die Sedimente wurden nach STRIGEL, LANG (1911, S. 218—259) und anderen von Südosten her in das Becken geführt. Aus Südosten, also vom Vindelizischen Rücken und von der Böhmischen Masse her kamen auch die Großfluten heran. Diese schwachen Erhebungen wurden von den Fluten überschritten und stets aufs neue abgespült. Der Vindelizische Rücken könnte gewissermaßen als „Barre" zwischen der Tethys und der Germanischen Geosynklinale aufgefaßt werden, nur daß man dieser „Barre" eine Breite von mindestens 75 km in der Nordwest—Südost-Richtung geben müßte. Über diesen hochgradig abrasierten Rücken hinweg rollten die Großfluten in das Becken hinein und füllten periodisch wieder auf, was an Wasser durch Verdunstung verloren gegangen war.

Bei dieser Sachlage ist es nun erklärlich, daß sich die chemischen Sedimente in der umgekehrten Reihenfolge ihrer Löslichkeit in der Stromrichtung anordnen mußten. Als am schwersten lösliche Verbindung und deshalb als erster stellte sich der Dolomit am Beckenrande dem Zufluß des normalen Meerwassers entgegen, dann folgte der Kalk, das Kalziumsulfat, das Kochsalz und im Beckentiefsten die Kali- und Magnesiumsalze.

Es mag zunächst erstaunlich erscheinen, daß der Graue Salzton eine so verhältnismäßig gleichbleibende Mächtigkeit zeigt. Die Auflösung der liegenden Salzmassen muß auffallend gleichmäßig erfolgt sein, obgleich das Decksteinsalz recht verschiedene Salzgesteine abschneidet. Diese Erscheinung wird jedoch verständlich, wenn man sich erinnert, daß die Großfluten nicht nur über Salzgesteinen eine Abrasionsfläche schufen, sondern, wie am Anfang besprochen, auch über dem viel widerstandsfähigeren und mannigfacher zusammengesetzten Grundgebirge.

Es ist kein Zufall, wenn die Salzlager in der Regel durch eine hangende Lettendecke abgeschlossen werden. Auch die Oberen Letten und der Rote Salzton sind durch Auflösung von Salzmassen und Summierung von Tonrückständen entstanden. Der Farbunterschied gegenüber dem Grauen Salzton erklärt sich dadurch, daß der Graue Salzton vorwiegend unter dauernder Wasserbedeckung gebildet wurde, die Oberen Letten und der Rote Salzton dagegen periodisch trockenliefen. Dieses Trockenlaufen war jedoch nicht so sehr die Folge eines fortgeschrittenen Eindampfungsprozesses, sondern vielmehr die Folge einer Hebung der Salzoberfläche über den Spiegel des Weltmeeres. Beim Roten Salzton war diese Hebung wohl nur lokaler Art, bei den Oberen Letten dagegen wurde die ganze Geosynklinale ergriffen. Gleichzeitig mit dieser Hebung erhielten die Wassermassen der Großfluten am Ende der Zechsteinzeit die Möglichkeit, abzufließen. Die dauernde Wasserbedeckung verschwand bis auf ein kleines Restbecken, in dem sich später die Rogensteine bildeten. Mit dem Schwinden der dauernden Wasserbedeckung trat nun die rote Farbe der Sedimente wieder auf.

Die rote Farbe der Sedimente entstand nicht einfach durch Trockenheit. Wäre das der Fall, so müßte sie auch in unseren rezenten Wüsten vorherrschen. Sie konnte meines Erachtens nur zustande kommen, wenn klastische Sedimente periodisch von Salzwasser benetzt und anschließend unter intensiver Sonneneinwirkung getrocknet wurden. Dabei hat das Salz als oxydierendes und wasserabspaltendes Mittel eine besondere Bedeutung.

Erklärung der Triasablagerungen.

Bisher mußte man künstliche Barren konstruieren und allerlei seltene Zufälle zu Hilfe nehmen, um das Zustandekommen der Salzlagerstätten glaubhaft zu machen. Legt man seinen Vorstellungen aber die Großflutenhypothese zugrunde, so läßt sich meiner Ansicht nach eine einfachere und großzügigere Gesetzmäßigkeit in den Dingen erkennen. Dann mußte jede Hohlform im Flutenbereich von irgendeinem Sediment erfüllt werden.

War die Hohlform eine allseitig abgeschlossene, so mußten sich auf jeden Fall nach einiger Zeit chemische Sedimente niederschlagen.

War die Hohlform dagegen nach irgendeiner Seite hin offen, so konnten zwei Fälle eintreten: Die Sedimentoberfläche konnte entweder tiefer oder höher als der Spiegel des Weltmeeres liegen. Lag sie tiefer und bestand dauernde Verbindung mit dem Weltmeer, so ergab sich dauernde Wasserbedeckung bei geringer Konzentration und wir erhalten „marine" Sedimente etwa in der Art des Oberen Muschelkalks oder des Oberen Jura. Lag die Sedimentoberfläche dagegen höher, dann mußten die Großfluten abfließen und konnten nur spülend wirken, indem sie Salzmassen auflösten oder von höher gelegenen Landschaftsteilen Verwitterungsprodukte langsam in das Becken schoben.

Diesen Vorgang darf man sich nicht als gewaltsame Katastrophe denken, vielmehr ging auf der schon weitgehend ebenen Fläche der Transport verhältnismäßig langsam vor sich. Immer wieder wurden die einzelnen Komponenten des Sediments vom Wellenschlag hin und her bewegt, und da die Brandungslinie mit den Flutbergen wanderte, griffen die aufbereitenden Kräfte auf großer Fläche an. Das feine Material des Mittleren Buntsandsteins ist ein Beispiel für langandauernde und oft wiederholte Aufbereitung auf weitgehend ebener Fläche. Ein Sedimentkörnchen wurde vom Wellenschlag nach den verschiedensten Richtungen bewegt, unter allen diesen war aber die Richtung zum nächsten tiefer liegenden Punkt und schließlich zum Beckentiefsten bevorzugt, so daß selbst bei unmerklicher Neigung letzten Endes doch eine Bewegung zum Beckentiefsten hin resultierte.

Auf diese Weise ebneten die Großfluten die Landschaft mehr und mehr ein, und theoretisch hätte es schließlich zu einer absolut ebenen Fläche kommen müssen, wenn nicht tektonische Ursachen erneut Unebenheiten schufen. Brachte irgendeine Orogenese — es brauchte nur eine Verwerfung von gewisser Sprunghöhe zu sein — eine neue Unebenheit zustande, so mußte sich dieses Ereignis in Form eines Geröllhorizontes inmitten der feinkörnigen Massen äußern. Aber auch eine beschleunigte epirogene Heraushebung einer Geantiklinale konnte ein vermehrtes Gefälle schaffen und dadurch die Korngröße des Sediments bis zur Geröllbildung steigern. Solche Geröllhorizonte begegnen uns besonders im Mittleren Buntsandstein.

Während der ganzen Zeit, die hier behandelt werden soll, und noch darüber hinaus fand eine langsame Eintiefung der Germanischen Eurysynklinale (vgl. SCUPIN 1933) statt, wenn auch die Senkungsgeschwindigkeit beständig schwankte oder die Richtung der Epirogenese sich vorübergehend sogar umkehrte. Mit der Senkungsgeschwindigkeit schwankte die Lage der Sedimentoberfläche in bezug auf den Spiegel des Weltmeeres. Bald lag sie um ein weniges darüber, bald dicht darunter. Während Perm und Trias ist die Sedimentoberfläche der Germanischen Geosynklinale niemals in große Höhen gehoben worden. Das ist natürlich, weil in diesen Zeitabschnitten

nur schwache oder gar keine Orogenesen auftraten. Die Epirogenesen aber verliefen so langsam, daß die Erhebungen niemals die Höhen erreichten, zu denen sie aus rein tektonischen Gründen hätten anwachsen können, wenn sie nicht unausgesetzt von den Großfluten abgetragen worden wären. Andererseits konnte die Sedimentoberfläche aber auch nicht zu bedeutenden Tiefen absinken, weil auch hier die Einsenkung epirogenetischer Natur war und so langsam verlief, daß die Ausfüllung mit der Einsenkung Schritt halten konnte.

Die tektonischen Bewegungen waren ferner insofern von Bedeutung, als sie den völligen Abschluß des Beckens vom Weltmeer bewirken oder umgekehrt eine gute Verbindung mit ihm herbeiführen konnten. Auch die Großfluten selbst konnten unter Umständen die Kommunikation mit dem Ozean verändern, indem sie entweder nagend schmale Dämme beseitigten oder einebnend kanalartige Verbindungen zufüllten.

In der Zeit des Rotliegenden lag die Landschaft um ein weniges höher als der Spiegel des Ozeans, sie wurde von den Großfluten überspült und abrasiert. Sedimentation fand nur in schmalen, langgestreckten Senken statt, den Stenosynklinalen, wie sie SCUPIN (1933) im Gegensatz zu den weiträumigen Eurysynklinalen genannt hat. Die Germanische Eurysynklinale entwickelte sich aus der Saar-Saale-Senke und erreichte erst mit Beginn der Zechsteinzeit einen solchen Grad der Einsenkung, daß sich ein allseitig abgeschlossenes Becken und eine dauernde Wasserbedeckung ergaben. Am Schluß der Zechsteinzeit hob sich die Sedimentoberfläche über den Weltmeerspiegel und es entstand eine Abflußmöglichkeit für die Wassermassen. Die Großfluten konnten nun nur noch spülend und lösend wirken. Die roten Letten blieben als Rückstände liegen. Je dicker aber die Lettendecke wurde und je weniger Tonrückstand hinzukam, desto mehr trat der Sandgehalt in Erscheinung, der aus den höher gelegenen Teilen der Landschaft, also etwa vom Vindelizischen Rücken und von der Böhmischen Masse herbeigeführt wurde. Daher sehen wir die Bröckelschiefer nach oben hin immer sandiger werden. Im Mittleren Bundsandstein herrscht dann der gut aufbereitete Quarzsand vor.

Während des Oberen Buntsandsteins beginnt die Sedimentoberfläche aufs neue unter den Weltmeerspiegel zu sinken. Zur Wellenkalkzeit stellt sich wieder dauernde Wasserbedeckung ein, die rote Farbe verschwindet und wir haben einen Zustand, der als „marin“ bezeichnet wird, obgleich die Ablagerungen dieses Beckens mit denen des offenen Meeres noch lange nicht identisch sind. Auch der Boden des Muschelkalkmeeres ist häufig trockengelaufen und wieder von bewegtem Wasser überspült worden, wovon Diagonalschichtung, Wellenfurchen, Fließspuren, zusammengeschwemmte Muschellagen, Kalkgerölle, Cölestin- und Gipseinlagerungen ein beredtes Zeugnis ablegen (vgl. DEECKE 1922, S. 11).

Im Mittleren Muschelkalk kam es vorübergehend wieder zur Bildung eines geschlossenen Beckens, in dem Gips und Salz ausgeschieden wurden. Im Oberen Muschelkalk bestand eine verhältnismäßig gute Verbindung mit dem Weltmeer und die Sedimentoberfläche befand sich unter dessen Spiegel.

Auch im Keuper[1]) finden wir eine mehrmalige Änderung des Sedimentcharakters. Der Charakter der Sedimente hängt lediglich von der Abflußmöglichkeit der Wassermassen ab, welche die Großfluten heranführten. Wo eine Wasserbedeckung von einiger Tiefe vorhanden war, da konnten die Großfluten nicht transportieren, nur feine Sedimente in Form von roten oder bunten Mergeln konnten entstehen. Wo dagegen die Möglichkeit völligen Abfließens bestand, schoben die Großfluten Sande nach dem Beckeninnern vor und es entstanden Ablagerungen von der Art des Lettenkohlensandsteins, des Schilfsandsteins und des Stubensandsteins. Wo aber abgeschnürte kleinere Becken eindampften, da finden wir Einlagerungen von Dolomiten und Gipsen.

Es ist natürlich, daß sich die Periodizität der Großfluten auch in den Sedimenten selbst wiederspiegeln muß. Dieselbe feine Streifung, die ZIMMERMANN aus dem Mittleren Zechstein beschrieben hat, finden wir ebenso auch im Muschelkalk wieder. Aber sie kommt nicht nur in den sogenannten marinen Sedimenten vor, sondern ebenso auch im Buntsandstein und im Keuper. Für den Buntsandstein hat G. WEISS (1915, S. 105) den Begriff des „Lagerpaars" aufgestellt. Genau wie in den „marinen" Sedimenten innerhalb einer jeden feinen Schicht sich eine Entwicklung vom Schwerlöslichen zum Leichtlöslichen ergibt, so bildet sich bei den klastischen Sedimenten innerhalb einer jeden Feinschicht ein Übergang vom Groben zum Feinen heraus. Jede Feinschicht beginnt mit groben Komponenten und endet mit den feinsten; dann folgt ein scharfer Strich, und das Spiel beginnt von neuem.

„Bei der Sedimentation des Gesteins", sagt WEISS, „hat eine außerordentlich feine Sichtung des Materials in sandige und tonige Elemente stattgefunden. Die im Gestein auftretenden Strukturtypen und der besondere Wechsel in der Größe der Komponenten deuten darauf hin, daß das Gestein unter Mitwirkung von Wassermassen sedimentiert wurde, die bald plötzlich, bald allmählich das Gebiet überfluteten, das Land mit größerer oder geringerer Tiefe bedeckten und reichlich oft dem austrocknendem Sonnenbrande weichen mußten." —

Es könnte nun zwar der Einwand erhoben werden, die Periodizität der Feinschichtung sei jahreszeitlich bedingt, die Binnenmeere

---

[1]) Die Sedimentation im Keuper soll in einer besonderen Arbeit ausführlich behandelt werden.

des Zechsteins und Muschelkalks und die flachen Wüstenseen des Buntsandsteins und Keupers seien von Flüssen gespeist worden, die den Jahreszeiten entsprechend verschiedene Mengen Detritus und Wasser führten; doch abgesehen davon, daß von Flüssen in den besprochenen Zeiten alle Spuren fehlen, daß auch die Annahme von Jahreszeiten alle Wahrscheinlichkeit gegen sich hat, wäre die papierdünne oder kartonstarke Feinschichtung, wie sie in der Regel auftritt, viel zu fein für eine so lange Periode wie die eines Jahres. Ein Jahr müßte im allgemeinen eine mächtigere Sedimentlage liefern, wenn auch zugegeben werden muß, daß die in einer Feinschicht abgelagerte Sedimentmasse in weiten Grenzen schwanken kann. Nun tritt aber die Feinschichtung nicht nur als Ausdruck ruhigen periodischen Absatzes auf, sondern wir haben sie im Muschelkalk auch als Verschwemmungserscheinung, was sich aus der mit ihr verbundenen Schrägschichtung ergibt. Damit ist der Einwand jahreszeitlicher Periodizität völlig entkräftet.

Flüsse können zwar klastische Sedimente in ein Becken führen, sie können aber nicht weit ab von ihrer Mündung dünne Tonblättchen und Kalkgerölle einlagern. Tonblättchen habe ich im Keupersandstein des Grabfeldes und bei Koburg häufig beobachtet. Sie hätten einen Transport durch Flüsse wohl schwerlich ausgehalten. Kalkgerölle aber sind von zahlreichen Autoren aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands beschrieben worden. Schon diese Konglomerathorizonte beweisen ein völliges Trockenlaufen weiter Kalkflächen. Nur so ist eine Erhärtung des Kalkes denkbar, derart, daß er später in scharfkantige Bruchstücke zerbrechen konnte. Noch deutlicher wird oftmaliges Trockenlaufen durch Steinsalzpseudomorphosen, Trockenrisse, feine Rippelmarken, abgewetzte Ceratitensteinkerne usw. bewiesen. Die Konglomerathorizonte, Oolithbänke und Lumachellen beweisen aber auch flächenhafte Wasserbewegungen. B. v. FREYBERG (1919) hat eine Horizontbeständigkeit mehrerer Konglomeratbänke für ganz Ostthüringen nachgewiesen, REIS (1909) erwähnt 23 verschiedene Konglomerathorizonte aus den verschiedensten Aufschlüssen von Unterfranken, HERBIG (1925) beschreibt dieselben Erscheinungen aus der Gegend von Kronach, R. WAGNER (1897) und E. WAGNER (1921) aus der Umgegend von Jena, GAGEL (1909) aus dem Untergrund von Lüneburg. Aus anderen, in der Literatur nicht besonders erwähnten Gebieten lassen sich Konglomeratbänke aus den Erläuterungen zu den entspr. Kartenblättern nachweisen, z. B. aus der Umgegend von Göttingen, Bernburg usw. Bei Rüdersdorf hat ZIMMERMANN (1898) Trockenrisse festgestellt und REIS (1909) möchte trotz der riesigen Entfernung dortige Geschiebelagen mit solchen in Franken parallelisieren. Weitere Trockenrisse führt WALTHER (1923, S. 122) von Stadtilm und vom Hellerberg in Westfalen an. Er erwähnt ferner Quarzgerölle von Jena, Eisenach und Schlüchtern.

HOHENSTEIN (1913/14, S. 20) beobachtete Trockenrisse bei Weilderstein am Schwarzwaldrand. Ich selbst habe aus der Umgegend von Halle (S) Fundstücke mit Steinsalzpseudomorphosen, Trockenrissen, feinen Rippelmarken, verwachsenen Rippelmarken u. a. Erscheinungen zusammengetragen. Allein aus dem kurzen Abschnitt von den Myophorienschichten bis dicht oberhalb der Oolithbänke (etwa 60 m) konnte ich sieben ausgesprochene Konglomeratbänke feststellen, von Fossilschwemmbänken ganz zu schweigen. In der sogenannten „harten Bank" der Steinbrecher dicht über den Myophorienschichten bei Köllme beobachtete ich ein Geschiebe von 14 × 59 cm Fläche. Außerdem fanden sich an derselben Stelle Gerölle von Faustgröße, die von Gastropoden und anderen Fossilien erfüllt waren.

Angesichts dieser Tatsachen ist an starken Wasserbewegungen im Muschelkalkmeer wohl nicht mehr zu zweifeln. Diese Beobachtungen als Küstenerscheinungen zu deuten, ist unmöglich. Ein Meer kann schließlich nicht überall seine Küsten gehabt haben.

Hiermit bin ich am Schluß meiner Ausführungen angelangt. Blicken wir noch einmal zurück auf die hier behandelten Probleme, so bemerken wir mit höchster Verwunderung: Das Muschelkalkmeer ist eigentlich gar kein echtes Meer im rezenten Sinne, denn es lief periodisch trocken. Der Buntsandstein ist kein echtes Festlandssediment, denn Wassermassen, die dem Meere entstammten, gingen periodisch darüber hin. Die Salzlager des Zechsteins und der Trias sind zwar mariner Herkunft, aber ihre Ablagerung fand unter Abschluß vom Meere statt. Die Permische Abrasionsfläche entstand nicht infolge von Strandlinienverschiebung, ist aber auch nicht subaerischer Entstehung. Die Tierwelt, die hier noch schnell gestreift werden soll, zeigt amphibiotischen Charakter: Die Stegocephalen machen eine Metamorphose vom Wasser- zum Luftatmer durch, *Ceratodus* vermag sowohl mit Kiemen als auch mit Lungen zu atmen, die Reptilien sind mit kräftigem Ruderschwanz ausgerüstet, können aber trotzdem Extremitäten zur Bewegung auf dem Trockenen nicht entbehren.

Die bisherigen Anschauungen reichen meines Erachtens nicht aus, die hier besprochenen Probleme zu deuten, erst die Großflutenhypothese vermag sie zu lösen.

Zusammenfassung.

1. Die Permische Abrasionsfläche kann weder nach V. RICHTHOFEN noch nach STRIEGEL erklärt werden.
2. Der Buntsandstein läßt sich weder als marine noch als fluviatile Bildung auffassen.
3. Die Entstehung der Salzlagerstätten ist bisher problematisch geblieben. Die Theorien von OCHSENIUS, WALTHER und FULDA können der Kritik nicht standhalten.

4. Die Monsunhypothese ZIMMERMANNs wird zur Großflutenhypothese ausgebaut.
5. Die Großflutenhypothese erklärt:
   Die Entstehung der Permischen Abrasionsfläche — die gestrichene Ausfüllung der Geosynklinalen — das Fehlen der Geantiklinalen — die flächenhafte Aufschüttung des Buntsandsteins und Keupers — die Probleme des Kupferschiefers — den Aufbau der Salzlagerstätten — die Entstehung der Kalksedimente im Zechstein und Muschelkalk — die Erscheinungen des Trockenlaufens und der Sedimentbewegungen im Muschelkalk.

Verzeichnis der angezogenen Literatur.

BLANCKENHORN, M., Der Hauptbuntsandstein ist keine echte Wüstenbildung. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1907.

—, —, Über Fossil- und Fährtenhorizonte im Buntsandstein Deutschlands. — Ebenda, 1924, S. 269—278.

BRÄUHÄUSER, M., Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden an der oberen Kinzig. — Jahresh. d. Ver. f. vat. Naturk. in Württ., 1910, Beil. S. 25.

BRINKMANN, R., Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1926, S. 52.

—, —, Über Kreuzschichtung im deutschen Buntsandsteinbecken. — Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl., 1933, H. 1, S. 1.

DEECKE, W., Der paläogeographische Charakter des germanischen Muschelkalk-Binnenmeeres. — Verh. d. Naturf. Ges. in Basel, 1922.

EVERDING, H., Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze. — Berlin 1907.

FRAAS, E., Die Bildung der germanischen Trias. — Jahresh. d. Ver. f. vat. Naturk. in Württ., 1889.

FREYBERG, B. v., Die Genese des Wellenkalks. — Naturw. Wochenschr., 1919, S. 276.

FREYGANG, J., Gliederung und Fossilgehalt des Kupferschiefers. — Jahrb. d. Hall. Verb., IV, 1923—24.

FULDA & RÖHLER, Rhythmische Fällungen im Zechsteinmeer. — Kali, 1921.

FULDA, E., Zur Entstehung der deutschen Zechsteinsalze. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1923, S. 1—13.

—, —, Studie über die Entstehung der Kalilagerstätten des deutschen Zechsteins. — Ebenda, 1924, S. 7—30.

—, —, Der Assalsee im Somaliland und seine Bedeutung für die Erklärung der Entstehung mächtiger Salzlager. — Ebenda, 1927, S. 70—75.

—, —, Das Kali. II. — Stuttgart 1928.

—, —, Die Entstehung der deutschen Zechsteinsalze, heutige und frühere Anschauungen. Vortrag. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1928, S. 145.

—, —, Bildungsraum und Eindunstungsvorgang bei der Entstehung der Zechsteinsalze. Vortrag. — Ebenda, 1932.

GAGEL, C., Wellenkalk im Untergrund von Lüneburg. — Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst., 1909.

HEEGER, W., Petrogenetische Studien über den Unteren und Mittleren Buntsandstein im östlichen Thüringen. — Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1913, S. 405.

HETTNER, A., Rumpfflächen und Pseudorumpfflächen. — Geogr. Zeitschr., 1913.

HERBIG, PH., Zur Stratigraphie und Tektonik der Muschelkalkschollen östlich von Kronach. — Geogn. Jahresh., 1925.

HOHENSTEIN, V., Beiträge zur Kenntnis des Mittleren Muschelkalks und des Unteren Trochitenkalks am östlichen Schwarzwaldrand. — Geol. u. pal. Abh., 1913, N. F. 12.

JAENECKE, E., Die Entstehung der deutschen Kalisalzlagerstätten. — Braunschweig 1917.

KOKEN, E., Ist der Buntsandstein eine Wüstenbildung? — Jahresh. d. Ver. f. vat. Naturk. in Württ., 1905, S. LXXVII.

KOLESCH, K., Beitrag zur Stratigraphie des Mittleren Buntsandsteins im Gebiete des Blattes Kahla. — Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1919, Berlin 1921.

KUMM, A., Über die Bildungsweise der Konglomerate des Buntsandsteins. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1928, S. 46.

LAATSCH, W., Die Biostratonomie der Ganoidfische des Kupferschiefers. — Palaeobiologica, IV, 1931.

LANG, R., Das Vindelicische Gebirge zur mittleren Keuperzeit. — Jahresh. d. Ver. f. vat. Naturk. in Württ., 1911, S. 218—259.

MAC GEE, On Sheetflood erosion. — Bull. Geol. Soc. America, 1897, S. 87.

MÄGDEFRAU, K., Zur Stratigraphie und Fossilführung des thüringischen Buntsandsteins. — Beitr. z. Geol. von Thür., 1932, S. 227.

OCHSENIUS, C., Die Bildung der Steinsalzlager. — Halle 1877.

PASSARGE, S., Verwitterung und Abtragung in den Steppen und Wüsten Algeriens. — Geogr. Zeitschr., 1909, S. 499.

—, —, Die Kalahari. — Berlin 1903.

POMPECKJ, J., Das Meer des Kupferschiefers. — Branca-Festschrift, 1914, S. 444—494.

—, —, Kupferschiefer und Kupferschiefermeer. — Zeitschr d. Deutsch. Geol. Ges., 1920, S. 329.

PHILIPPI, E., Über die Bildungsweise der buntgefärbten klastischen Gesteine der kontinentalen Trias. — Centralbl. f. Min., 1901, S. 463.

—, —, Kontinentale Trias. — Lethaea geognostica, II, 1, 1903—1908.

PRELL, H., Fossile Wurmröhren. — N. Jahrb. f. Min., 1926, Beil.-Bd. LIII.

REIS, O. M., Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. — Geogn. Jahresh. f. 1909.

RICHTER, R., Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie. — VII. Senckenbergiana, 1924, XII, 1926.

RICHTHOFEN, F. v., Führer für Forschungsreisende. — Berlin 1886.

ROZSA, M., Differenzierungserscheinungen sedimentärer Karbonatgesteine. — Kali, 1925, S. 85, 193, 378, 406.

—, —, Karbonatgesteine als chemische Sedimente usw. — Kali, 1926, S. 55—60.

SCHINDEWOLF, O. H., Studien aus dem Marburger Buntsandstein. — Senckenbergiana, 1920 und 1928.

—, —, Über Spuren mariner Würmer Oberhessens. — Centralbl. f. Min., 1923.

SCHMIDT, M., Die Lebewelt unserer Trias. — Oehringen 1928.

SCUPIN, H., Epirogene Kippungsbewegungen. — Pet. Geogr. Mitt., 1928, S. 347.

—, —, Werden, Wachsen und Schwinden von Sedimentationsbecken in der Erdgeschichte. — Forsch. u. Fortschr., 1933, S. 160.

SOERGEL, W., Spuren mariner Würmer im mittleren Buntsandstein und im unteren Muschelkalk Thüringens. — N. Jahrb. f. Min., 1923, Beil.-Bd. 49, S. 510—549.

—, —, Apodiden aus dem Chirotherium-Sandstein, die Geschichte eines fossilen Tümpels. — Palaeont. Zeitschr., 10, 1928, S. 11—42.

STEINER, O., Beobachtungen über den Buntsandstein auf Blatt Eisenberg. — Beitr. z. Geol. von Thür., 1933, S. 241.

STRIGEL, A., Geologische Untersuchungen der permischen Abtragungsfläche. — Verh. d. naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg, I, 1912, II, 1914.

STRIGEL, A., Zur Paläogeographie des Schwarzwaldes. — Verh. d. naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg, Beil.-Bd. 15, 1922.
—, —, Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. — Ebenda, 16, 1929, S. 80—465.
THÜRACH, H., Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken usw. — Geogn. Jahresh., 1888 und 1889.
WAGNER, E., Beitrag zur Bionomie und Faziesbildung des Muschelkalks bei Jena. — Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1921.
WAGNER, G., Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalks usw. — Geol. u. pal. Abh., 1913—14, S. 275.
—, —, Neues vom Buntsandstein. — Aus der Heimat, 1930, S. 365.
WAGNER, R., Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalks bei Jena. — Abh. Preuß. Geol. Landesanst., 1897, N. F. H. 27.
WALTHER, J., Lithogenesis der Gegenwart. — Jena 1894.
—, —, Die Entstehung von Salz und Gips durch topographische und klimatische Ursachen. — Centralbl. f. Min., 1903, S. 211.
—, —, Das Gesetz der Wüstenbildung. — Leipzig 1912.
—, —, Geologie von Deutschland. — Leipzig 1923.
WEIGELT, J., Palaeochamaeleo jaekeli nov. gen. nov. sp. — Leopoldina, VI, Walther-Festschrift, S. 625—642, Leipzig 1930.
WEISS, G., Beiträge zur petrographischen Erforschung des Unteren Buntsandsteins. — Ber. Oberhess. Ges. f. Nat.- u. Heilk., Gießen 1915.
ZIMMERMANN, E., Trockenrisse und Netzleisten im Mittleren Muschelkalk von Rüdersdorf. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1898, S. 187.
—, —, Die ersten Versteinerungen aus der Kaliregion des norddeutschen Zechsteins. — Ebenda, 1904, S. 47.
—, —, Der thüringische Plattendolomit und sein Vertreter im Staßfurter Zechsteinprofil, sowie eine Bemerkung zur Frage der „Jahresringe". — Ebenda, 1913, S. 357.

Über Bau und Bewegung in Nordamerika.

Ein Nachtrag.

Von **Hans Cloos** (Bonn).

Letztes Ziel geologischer Forschung und Lehre ist, das Übereinander der Schichten in ein Nacheinander der Geschichte, toten Bau in lebendige Bewegung umzuwandeln. Nur an wenigen Stellen können wir schon jetzt an heutige, meßbare oder gar sichtbare Bewegung anknüpfen. Einen solchen Versuch habe ich vor einigen Jahren in Kalifornien gemacht[1]). Die Küstenketten sind in Streifen zerlegt. Diese Streifen scheinen sich langsam und gesetzmäßig nach NW zu bewegen[2]), diese Bewegung gelegentlich in Erdbeben auch fühlbar zu werden. Der gestaffelte Faltenbau des Gebietes steht mit dieser Bewegungsweise in Einklang. Östlich auf die Küstenkette folgt der schräge Block der Sierra Nevada. Östlich auf diese eine Zone von

---

[1]) Bau und Bewegung der Gebirge usw. Fortschr. d. Geol. u. Pal., 7, Heft 21, 1928. Berlin, Gebrüder Borntraeger.

[2]) Und — nach Auffassung dortiger Geologen — seit geologisch langer Zeit sich so bewegt zu haben.