

abgewandert oder abgepreßt sind. Für die hier besprochenen Umwandlungen hat Rinne den Begriff „geothermale Metamorphose“ geprägt.

Er vergleicht die Salzumwandlung mit der Chloritisierung der Diabase oder Hämatisierung paläozoischer Eisenerze. Die Eigenart des Vorganges liegt jedoch eher in dem teilweisen Schmelzen der Salze, das dem Salzbrei Eigenschaften verleiht, die in manchen Beziehungen an das Magma erinnern. Die Umkristallisationen sind mit Volumenänderungen verknüpft und verlaufen unter Wärmetönungen. Die Salzmassen können also auch selbst geotektonisch aktiv werden. Rinne schreibt ferner der plastischen Umformung der Salze, hervorgerufen teils durch den Hangendruck, teils durch gewaltige orogenetische Kräfte, eine größere Rolle zu und bezeichnet derartige Umwandlungen als „geothermale Pressungsmetamorphose“. Wie weit aber tangentielle orogenetische Bewegungen dabei mitgewirkt haben, ist eine zurzeit noch umstrittene Frage. So hat Lachmann in einer kürzlich im Centralblatt f. Min. 1917, S. 414, erschienenen hinterlassenen Arbeit nachzuweisen gesucht, daß die mitteldeutschen Gräben gar nicht bis in den Untergrund hineinreichen und nur in die Deckschichten der Zechsteinsalze eingesenkt sind. Sie zeigen daher auch nicht, wie echte tektonische Gräben, eine vermehrte Schwere, sondern ein Massendefizit, wie aus den Pendelversuchen des geodätischen Instituts hervorgeht, und weichen auch morphologisch von echten tektonischen Gräben ab. Auch die Salzlinien und Sättel stellen nach ihm nur eine Scheinarchitektur dar. Die Ursache ist eine Störung des isostatischen Gleichgewichts.

Nachdem nun die Erkenntnis bis zu diesem Punkt gelangt ist, besteht die Aufgabe der Salzpetrographie in erster Linie darin, die mineralogische Zusammensetzung der natürlichen Salzprofile zu ermitteln und mit Hilfe der theoretischen Erkenntnis die Umwandlungen festzustellen, die die Lagerstätte durchgemacht hat. Derartige Untersuchungen haben nicht nur wissenschaftliche Bedeutung. Sie vermitteln erst die genaue Kenntnis des Inhalts der Lagerstätte. Kurz gesagt, der Bergwerksbesitzer muß wissen, ob wertvolle Laugen abgewandert sind, und wohin sie geraten sind.

Das Mineralogische Institut der Universität Halle ist bereit, die in dieser Weise begonnene Salzforschung für den deutschen Kalibergbau fortzusetzen, und bittet, diesem Unternehmen weiterhin wohlwollendes Interesse entgegenzubringen, damit seine Ausführung zum Nutzen und Frommen der deutschen Wissenschaft, des deutschen Bergbaues und der deutschen Industrie sich restlos ermöglichen läßt.

Ueber die Rücken im Mansfeldschen Revier und ihren Einfluß auf die Erzführung des Kupferschiefers.

Von Bergwerksdirektor Geipel, Eisleben¹⁾.

Meine Herren! Ueber das meinen Ausführungen zugrunde gelegte Thema ist zwar schon so viel gesprochen und geschrieben worden, daß ich fast fürchten muß, Ihnen damit etwas auf die Nerven zu fallen, zumal als ich Neues dazu eigentlich kaum vorbringen kann. Wenn ich es trotzdem wage, die Bildung der Rücken und ihren Einfluß auf die Erzführung des Kupferschiefers im Mansfeldschen kurz zu erörtern, so tue ich es, weil damit dem allgemeinen Interesse und dem Verständnis für den Wert des Kupferschiefers vielleicht etwas gedient wird, das gegenwärtig ja viel stärker als in den Friedenszeiten entwickelt ist. Sind ja doch

¹⁾ Vortrag, gehalten am 29. Juni 1918 auf der dritten Mitgliederversammlung in Eisleben.

Bestrebungen vorhanden, den Kupferschieferbergbau an Punkten außerhalb der Mansfelder Mulde wieder ins Leben zu rufen.

Der Kupferschiefer ist bekanntlich das mittlere Glied der unteren Zechsteinformation, welcher von Zechsteinkonglomerat unterlagert wird. Dasselbe ist im Mansfeldschen, soweit der jetzige Bergbau reicht, allgemein als ein feinkörniger hellgrauer Sandstein entwickelt, welchen der Bergmann im Gegensatz zu dem darunter folgenden Rotliegenden als Weißliegendes bezeichnet. In Tiefbohrlöchern, welche man weiter ostwärts von den jetzigen Betriebspunkten gestoßen hat, z. B. bei Dederstedt und Volkmaritz, wurde das Weißliegende mehr in konglomeratischer Beschaffenheit angetroffen.

Ueberlagert wird der Kupferschiefer von dem eigentlichen, hier 4—5 m mächtigen Zechstein und dieser wiederum von den Gliedern der mittleren und oberen Zechsteinformation mit ihren bekannten Steinsalz- und Kalivorkommen.

Der Kupferschiefer ist ein durchschnittlich 40—50 cm mächtiger schwarzer Mergelschiefer, der sich durch einen bald mehr, bald minder hohen Gehalt an silberhaltigen geschwefelten Kupfererzen, wie Kupferglanz, Kupferindig, Buntkupfererz und Kupferkies auszeichnet. Außerdem treten noch in geringeren Mengen Nickel- und Kobalterze, wie Rot- und Weißnickelkies, sowie Speisekobalt auf. Endlich findet sich noch Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies, sowie in geringen Spuren Molybdänglanz vor, sämtlich im Schiefer fein verteilt. Der Kupfergehalt des Schiefers schwankt zwischen 0,2 und 6% bei normaler Ablagerung innerhalb der einzelnen Lagen. In der etwa 3—4 cm über dem Liegenden befindlichen groben Lette ist er für gewöhnlich am stärksten. Außerdem treten Anreicherungen der Erzführung in der Nachbarschaft von Verwerfungsspalten auf, welche vom Mansfelder Bergmann als „Rücken“ bezeichnet werden, und zwar je nach der Seite, von der aus er sich ihnen mit dem Verhau nähert, als steigende oder fallende. Die Anreicherungen an den Rücken zeigen sich besonders im Dachklotz, einer etwa 20 cm mächtigen Bank eines festen grauen Zechsteinkalkes, welcher unmittelbar über dem Kupferschiefer liegt. Zuweilen, jedoch seltener trifft man an solchen Stellen noch etwas höher hinaufgehende Erzeinsprengungen, namentlich am oberen Rande der sogenannten Fäule. Während die Erzeinsprengungen im Dachklotz jedoch meistens die Form kugelig und bohnenartiger Gebilde aufweisen, stellen diejenigen in der Fäule für gewöhnlich die Ausfüllung von dünnen, das Gestein regellos durchsetzenden Klüftchen dar. Ganz ausnahmsweise hat man endlich noch Kupfererze in der Nachbarschaft von Rücken auf der Grenzfläche zwischen dem Zechstein und dem schon zur mittleren Zechsteinformation angehörigen Gips beobachtet, wie z. B. an einer Stelle in der dritten Tiefbausohle des Hohenthalschachtes und auf dem Freieslebenschachte in der Nähe der Schlüsselstollensohle. Ein ähnliches Vorkommen erwähnt Freiesleben von einem Rücken, welcher bei Helbra in der Nähe der früheren dortigen Braunkohlengrube Anna auftrat. Die Erze sollen aus Kupferglanz und Buntkupfererz in großen derben Stücken bestanden haben. Das Vorkommen auf dem Freieslebenschachte hatte ich Gelegenheit, mir anzusehen. Es zog sich dort von einem etwa 18 m hohen Rücken aus ein 5 cm starkes, reines Kupferglanztrum auf etwa 10 m Länge in die Schichtenfuge zwischen Zechstein und Gips hinein, um sich allmählich auszuweiten.

Außer den Erzausscheidungen im Hangenden des Kupferschiefers kennt man solche noch im Liegenden als sogenanntes Sanderz. Häufig tritt auch dieses in Gesellschaft von Rückenspalten auf, doch scheint es auch selbständige, von solchen Störungen unabhängige Vorkommen zu bilden. In seiner obersten Schicht ist das Sanderz zuweilen reicher als der Kupferschiefer, da es bis zu 7% Kupfer und darüber enthält. Es erreicht in der Nähe vom Rücken zuweilen eine Mächtigkeit bis zu 0,5 m, in welchen Fällen es meistens von zahlreichen erzführenden

Klüftchen durchzogen ist. Der Kupfergehalt beträgt alsdann freilich nur noch etwa 1—2 ‰. Aber auch mit dieser Schicht hat der Kupfergehalt noch nicht immer sein Ende, sondern es lassen sich manchmal deutliche Spuren von Kupfer tiefer im Weißliegenden nachweisen. So finden sich sowohl in der VI., als in der VII. Tiefbausohe des Wolfschachtes schwache erzführende Lagen 2—3 m tief im Weißliegenden, deren chemische Untersuchung einen Kupfergehalt von 0,3 ‰ ergab. Endlich sei noch des Auftretens von Kupfererzen gedacht, welche vor etwa 10 Jahren in einem Flözgraben des Niewandtschachtes zwischen der VI. und VII. Tiefbausohe in einem noch etwas tieferen Horizont abgebaut wurden. Dort fanden sich in der obersten Schicht des Rotliegenden, welche in der Regel etwas gebleicht ist und deshalb von den Bergleuten für gewöhnlich schon mit zum Weißliegenden gerechnet wird, bohnen- bis haselnußgroße Konkretionen von Kupferglanz. Die Mächtigkeit der ganzen erzführenden Lage betrug 0,3—0,5 m. Das Gestein war ziemlich mürbe, während die darüber liegende, in diesem Falle nicht mehr als 0,5 m starke Schicht des typischen Weißliegenden ihre übliche Festigkeit besaß. Im übrigen soll an dieser Stelle auch das Hangende sehr reich an Kupfer gewesen sein.

Die Rückenspalten verlaufen im allgemeinen in der Richtung von Westnordwest nach Ost-südost in der sogenannten herzynischen Streichrichtung, parallel zu dem Rothenburger und Hornburger Luftsattel, welcher erstere den nördlichen, der letztere den südlichen Rand der Mansfelder Mulde bildet. Die Entstehung der Rücken ist ebenso wie die Emporhebung der beiden Sättel auf die Zusammenstauchung der Schichten infolge horizontalen Druckes zurückzuführen.

Meistenteils treten die Rücken nicht vereinzelt, sondern zu Gruppen oder Zügen verkettet auf, welche sich vom westlichen Ausgehenden am Harze aus oft auf mehrere Kilometer Länge in die Mulde hinein verfolgen lassen. Hört einmal ein Rücken auf, so rechnet der Strebhauer in der Regel damit, in der Nähe bald wieder einen anzutreffen, der den anderen gleichsam ablöst. Selbstverständlich trifft diese Vermutung nicht immer zu.

Die Hauptrücken besitzen im allgemeinen Verwurfshöhen zwischen 20 und 50 m, doch wird dieses Maß zuweilen noch beträchtlich überstiegen, wie z. B. von dem südlichen Begrenzungsrücken des Freieslebenschächter Flözgrabens, welcher zwischen der II. und IV. Tiefbausohe nahezu 90 m hoch ist. Dieser Flözgraben, welcher etwa 150 m Breite besitzt und verschiedene kleinere Spezialgräben birgt, verläuft ungefähr in der Kehllinie des Knies, welches der Westhang der Mansfelder Mulde mit ihrem Nordflügel bildet.

In dieser Linie äußerte sich die Wirkung der seitlichen Pressung besonders stark. Sie führte dazu, daß einzelne Teile der Grabensohle so von dem Begrenzungsrücken eingekeilt wurden, daß sie nicht in dem Maße wie benachbarte Grabenstücke nach unten absinken konnten, wodurch sich dann stellenweise ein widersinniges, den Abbau störendes Einfallen des Flözes ergab. Diese festgekeilten Teile waren senkrecht zu den Rücken durchsetzt von Pressungsklüften, welche sich als offene Spalten von 10—30 cm Stärke ziemlich tief in das Liegende hinabsetzten. Ihre Ränder waren mit Kalkspatkristallen ausgekleidet, zwischen denen vereinzelte Aragonitkristalle saßen. Kupfer- oder Nickelerze führten die Spalten nicht, sondern nur etwas Markasit; auch fand dort, wo sie an den Kupferschiefer herankamen, keine Veredelung der Metallführung des Flözes statt. Sie unterscheiden sich also wesentlich von den Rückenspalten.

Die Rückenspalten schwellen in der Nachbarschaft des Flözes häufig zu größerer Mächtigkeit an.

Das Anschwellen hat wohl seinen Grund darin, daß sich die spröden Zechsteinschichten weniger an die aus festen Sandsteinen und Konglomeraten des Rotliegenden bestehende Kluftwand anschmiegen können, als die mehr plastischen

Gips- und Anhydritschichten mit ihren Salzablagerungen. Es pflegt deshalb an den Hauptrücken die Kluft zwischen dem Rotliegenden und dem Gips nur ganz schmal zu sein. Zuweilen findet sich auf ihnen auch noch ein schwacher Besteg von Kupferschiefer.

In den höheren Schichten der Zechsteinformation sind die Rücken nicht mehr als scharf ausgeprägte Verwerfungen zu beobachten, sondern man findet dort meistens nur plötzliche starke Umbiegungen der Schichten. Noch mehr verwischt werden ihre Spuren natürlich in dem Gebiete des unteren Buntsandsteines, wo dessen Schichten durch die Auflösung des älteren Steinsalzes regellos zusammengebrochen sind. Doch machen sich manche Hauptrücken sogar noch durch Oberflächenunterschiede kenntlich, namentlich dort, wo nach Auflösung des älteren Steinsalzes die Auflösung des in der Mansfelder Mulde an mehreren Stellen entwickelten, nur wenige Meter mächtigen, ältesten Steinsalzlagers begonnen hat, welches durchschnittlich etwa 35 m über dem Kupferschiefer liegt.

In dem Liegenden unmittelbar unter dem Kupferschiefer sind die Hauptrückspalten meistens deutlich ausgeprägt. Die Tiefen, bis zu welchen sie nach unten fortsetzen, kennt man nicht genauer. Im Hohenthalschächter Querschlag der V. Tiefbausohle konnte man einen etwa 30 m hohen Rücken, welcher das Flöz in der IV. Sohle, also rund 60 m über diesem Querschlag durchsetzt, noch ziemlich deutlich als eine zerklüftete druckhafte Gesteinspartie erkennen.

Die Mineralien, welche sich an der Ausfüllung der Rückenspalten beteiligen, sind in der Hauptsache Schwerspat und Kalkspat. Wo beide Mineralien zusammen vorkommen, sitzt der Schwerspat auf dem Kalkspat, ist also jünger als dieser. Noch jünger als der Schwerspat sind die auf dem Rücken zuweilen vorkommenden Gipskristalle. An sonstigen Mineralien finden sich außer den gleich zu nennenden Erzen noch Quarz, Cölestin, Anhydrit, jedoch stets in untergeordneten Mengen, sowie bituminöse Ausscheidungen. Die Erze sind die bereits bei der Metallführung des Flözes erwähnten Kupfer-, Kobalt- und Nickelerze, sowie Bleiglanz, Zinkblende, Schwefelkies und Molybdänglanz, letzterer meistens nur in feinblättrigen Einsprengungen in dichten Kalkspat oder Klüfte desselben in Millimeter dünnen Schichten überziehend. Auch gediegenes Silber findet sich, welches in kleinen Zähnen und Drähten auf derbem Kupferglanz aufsitzt. Auch in Form dünner Bleche tritt es auf, jedoch nicht mehr auf den Rückenspalten selbst, sondern in flachen, oftmals den Schichtungsflächen entsprechenden Quetschungs- und Verschiebungsflächen des Kupferschiefers in der Nachbarschaft der Rücken.

Ganz selten ist Uranpecherz in kleinen, etwa Hirsekorn großen Kügelchen in Kalkspattrümchen beobachtet worden, welche letztere sich im übrigen durch dieselbe rötliche Färbung auszeichneten, die dem Kalkspat eigen ist, welcher das Joachimstaler Uranpecherz häufig begleitet.

Das Auftreten der Erze in den Spaltenausfüllungen beschränkt sich meistens auf die dem Kupferschieferflöze am nächsten liegenden Teile. Es sind auch nicht immer gerade die größten Rücken, welche die reichsten Erzmittel enthalten, sondern häufig sogar die kleinen Rücken mit 1 bis 2 m Verwurfshöhe. Ebenso verhält es sich mit der Erzanreicherung, welche das Flöz an solchen Rücken zeigt. Der Absatz der Kupfererze scheint in der Hauptsache gleichzeitig mit der Ausscheidung des Kalkspates vor sich gegangen zu sein, doch findet man auch Einsprengungen solcher Erze in Schwerspat, mit welchem namentlich die Nickel- und Kobalterze zusammenbrechen, die allerdings nach Bäumlers Ansicht ¹⁾ gerade ältere Bildungen darstellen, als welche sie zum Teil auch Köhler in seiner Arbeit über die Rücken in Mansfeld und Thüringen aufzufassen geneigt ist.

1) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Jahrgang 1857.

Was das Alter der Rücken anbetrifft, so nimmt man allgemein das Tertiär als ihre Entstehungsperiode an. Allem Anschein nach findet auch heute noch ein schwaches Ausklingen der damals stattgehabten Bewegungsvorgänge an einigen Hauptrücken statt, worauf die stellenweise zu beobachtenden lockeren Reibungsprodukte auf den Spalten hindeuten. Daß der seitliche Druck, welcher das Zusammenstauchen der Schichten und Aufrichten der Rückenspalten bewirkte, im Gebirge auch heute, wenn auch nur in verschwächtem Maße, nachhält, beweisen die starken bergschlägeartigen Spannungsauslösungen, welche sich in noch gar nicht allzu großer Tiefe in der Nähe solcher Spalten, sowohl beim Auffahren von Strecken im Liegenden, als auch bei frischen Antrieben des Flözes im unverritzten Felde gezeigt haben.

Die Erscheinungen an den Rücken, insbesondere die Zunahme des Metallgehaltes im Kupferschiefer haben nun die Veranlassung gegeben, den gesamten Kupfergehalt des Schiefers als eine von den Rückenspalten aus erfolgte Imprägnation anzusehen, eine Theorie Posepnys, die vornehmlich von Bèyschlag verfochten wird. Der Bitumengehalt des Schiefers soll hierbei reduzierend auf die in ihn eingedrungenen Metallösungen gewirkt haben.

Bis dahin war man nach Lasius, Freiesleben und Cotta der Ansicht gewesen, daß der Niederschlag der Erze gleichzeitig mit dem Schlamm erfolgte, aus dessen Verfestigung der Kupferschiefer entstand. Man nahm an, daß dem Wasser eines abgeschlossenen Meeresbeckens von irgendwoher Vitriole zugeführt worden wären, aus denen unter dem Einfluß verwesender und Schwefelwasserstoff entwickelnder organischer Reste, namentlich solcher von Fischen, Schwefelmetallverbindungen niedergeschlagen worden seien. Da man im Kupferschiefer sehr viel Abdrücke von Fischen findet, deren Leiber stark zusammengekrümmt sind, schloß man sogar auf einen plötzlichen Tod dieser Tiere durch Vergiftung mit diesen Vitriolen. Gerade dieses Fischsterben aber wurde der Aufrechterhaltung dieser Theorie verhängnisvoll, da man in anderen Gesteinsschichten, wo infolge Fehlens jeglicher Schwefel-Metallverbindungen eine solche Todesart ausgeschlossen war, genau dieselben Abdrücke von zusammengekrümmten Fischleibern vorfand.

Die Minerallösungen, welche auf den Rückenspalten zirkulierten und die Imprägnation des Kupferschiefers verursachten, stammten nach Beyschlag aus der Tiefe. Man müßte deshalb erwarten, daß sich ein Teil der Metallverbindungen bereits in den Spalten des Liegenden abgeschieden hätte, und daß sich in größerer Tiefe unter dem Kupferschiefer darin Kupferminerale oder Nickelerze fänden. Dies ist aber nicht der Fall. Wenn ferner die Erzlösungen auf den Rückenspalten des Liegenden emporstiegen, weshalb machten sie da schon beim Kupferschiefer Halt und drangen nicht noch hinauf bis in den Horizont des ebenfalls Bitumen führenden Stinksteines, um sich auch dort abzusetzen?

Der hydrostatische Druck dazu war ja sicher vorhanden, wenn die Lösungen von den Rücken aus oftmals auf viele hundert Meter hin in die feinsten Lagen des Kupferschiefers hineingepreßt wurden.

Auch hätte man bei diesem Imprägnationsvorgang wohl erwarten müssen, daß der Erzgehalt von dem Rücken aus auf größere Entfernungen hin gleichmäßiger abgenommen hätte, als es tatsächlich der Fall ist. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösungen zwischen den Schichtenfugen vordrangen, besonders in regelmäßig gelagertem Felde, wo man ein Öffnen dieser Fugen durch horizontalen Druck schwerlich annehmen kann, dürfte bei dem gewaltigen Reibungswiderstande nur eine ganz geringe gewesen sein. Bei der Reduktionskraft des im Schiefer enthaltenen Bitumens hätte sich deshalb der Metallgehalt der Lösungen entsprechend der Zunahme der Entfernung von den Rückenspalten allmählich erschöpft, anstatt von einer verhältnismäßig schmalen angereicherten Zone aus plötzlich in gleichbleibender Stärke auf viele hundert Meter hin auszuhalten. Bei

der Herkunft der Lösungen aus der Tiefe müßte man an den Rücken mit der größten Verwurfshöhe auch wohl mit der stärksten Erzanreicherung rechnen, da diese Rücken jedenfalls am tiefsten in das Liegende hinabsetzten und deshalb für das Aufsteigen der Lösungen den geeignetesten Weg darboten. Statt dessen sind die reichsten Erzpartien, wie bereits früher gesagt, oftmals an verhältnismäßig kleine Rücken gebunden, deren Spalten sich vielleicht nur wenige Meter in die Tiefe verfolgen lassen. Auch in den starken und tiefen, bei der Schilderung des Freieslebenschächter Flözgrabens erwähnten, übrigens auch noch an anderen Punkten zu beobachtenden Pressungsklüften hätte man wohl ein Emporsteigen von Metallösungen und eine Vererzung des Kupferschiefers von ihnen aus erwarten müssen.

Eine Schlußfolgerung endlich, zu der man, meines Erachtens, nach der Beyschlagschen Ascensionstheorie bis zu einem gewissen Grade berechtigt wäre, würde die sein, daß das Verhalten der Erzführung der Rücken unabhängig davon sein würde, ob man sich an einem Punkte näher am Ausgehenden des Rückens oder weiter davon entfernt befindet. Für den Bergmann wäre dies ja entschieden recht wünschenswert. Tatsächlich läßt sich jedoch eine, wenn auch ganz langsame, so doch immerhin merkliche Abnahme der Erzführung der Rückenspalten nach der Tiefe der Mulde zu — ein sekundärer Teufenunterschied — feststellen.

Derartig große Blöcke von Rot- und Weißnickelkies, sowie von Kupferglanz, wie man sie an den Rücken auf den oberen Sohlen im Martins-, Ernst- und Freieslebenschächter Felde beobachten konnte, werden in den tieferen Sohlen nicht mehr angetroffen.

Nach alledem komme ich zu dem Schlusse, daß die Erzführung des Kupferschiefers, soweit es sich um die, sagen wir, normale handelt, nicht erst durch Imprägnation von den Rückenspalten aus gebildet worden ist.

Meines Erachtens hat vielmehr die alte Präzipitationstheorie von Lasius und Freiesleben ihre volle Berechtigung, auch wenn ich der Ansicht bin, daß das Eindringen von vitriolischen Metallösungen in eine Bucht des Zechsteinmeeres keine solche Katastrophe unter dessen Bewohnern angerichtet hat, wie sie Freiesleben annimmt. Der feine Schlamm, aus welchem der Kupferschiefer entstand, konnte sich in seinen feinen gleichmäßigen Lagen nur ganz allmählich in einem tiefen und ruhigen Meeresbecken absetzen. Ebenso ruhig vollzog sich aber auch der Niederschlag der Metallverbindungen aus schwachen Lösungen, welche in dieses Meeresbecken hineinfließen und dabei so verdünnt wurden, daß sie ohne Schaden von den darin lebenden Tieren ertragen werden konnten. Ich sehe dabei nicht ein, wie man sich nach Beck nicht vorstellen könnte, daß sich solche minimalen Gehalte in der Stärke, wie im Kupferschiefer, aus mechanisch niedersinkendem Meeresschlamm konzentrierten.

Nicht ausgeschlossen ist es meines Erachtens auch, daß die Metallösungen auf ihrem Wege nach dem Meeresbecken in fließenden Gewässern schon mit verwesenden organischen Substanzen zusammengerieten und von diesen ausgefällt wurden. Durch die Strömung wurden die niedergeschlagenen Erzpartikel mit fortgerissen, bis sie in dem ruhigen Meere Zeit zum Niedersinken fanden. Auf diese Weise würde man sich, wenn neben den Erzteilchen Sande mit eingeschwemmt wurden, auch die Bildung von Sanderzen erklären können. Ferner könnte man sich, je nach der Richtung, welche die in das Meeresbecken hineinfließenden, Erzschlamm führenden Strömungen nehmen, die Bildung von Zonen mit stärkerem und schwächerem Metallgehalt im Kupferschiefer vorstellen, wie man sie aus dem Schafbreiter Revier her kennt, wo solche in einem von Rücken und sonstigen Störungen völlig freien Felde auftreten.

Die Ansicht über das gleichzeitige Absetzen der Metallverbindungen mit dem Kupferschieferschlamme scheint übrigens neuerdings unter den Geologen

wieder mehr Anhänger zu finden. So vertritt Berg in einer in der Zeitschrift für praktische Geologie, Jahrgang 1915, Heft 4, erschienenen vergleichenden Studie über die Entstehung lagerförmiger Sulfidmassen den Standpunkt Pompeckjs, daß der Kupferschiefer als ein Alaunschiefer mit beträchtlichem Kupfergehalt aufzufassen ist. Der Kupfergehalt der Oberflächenwasser zur Zeit des oberen Perms, der höchstwahrscheinlich eine Folge der Zersetzung einer großen Menge von basischen Ergußgesteinen, vor allem von Melaphyren im mittleren Rotliegenden war, ist ja bekannt. Man braucht in dieser Beziehung auch gar nicht allzuweit von hier fortzugehen, um nach solchen Gesteinen zu suchen, wenn man sich an die Ausscheidungen gediegenen Kupfers im Porphyry des Rotliegenden von Zwickau erinnert.

Was nun endlich die Anreicherung des Kupferschiefers an den Rücken anbetrifft, so halte ich dieselbe für eine Folge der Umsetzung von Kupfererzen durch die Grundwasserzirkulation, derart, daß sich in dem höhergelegenen, jetzt der Vernichtung anheimgefallenen Flözgebiet, welches ehemals den Südhaz bedeckte, oxydische Kupferverbindungen bildeten, welche mit den Grundwassern auf den Rückenspalten in die Tiefe abwanderten, um dort durch Reaktionen mit den vorhandenen primären Sulfiden reichere Sulfide zu bilden. Die Abwanderung wurde begünstigt, einmal durch den Verlauf der Rückenspalten selbst, welcher ausschließlich nach diesem Felde hin gerichtet ist, zum anderen durch die Höhenlage des denudierten Gebietes und den dadurch bedingten hydrostatischen Druck der auf den Spalten eindringenden Wasser. Unterstützt wurde diese Metallzuführung möglicherweise auch noch durch die Abtragung der zahlreichen Diabasvorkommen im Devon des Südhazes mit ihrem magmatischen Kupfererzgehalt.

Jedenfalls nimmt die Zone der reichen Sulfide in der Mansfelder Mulde eine ganz besondere Ausdehnung ein, wie man sie, meines Erachtens, bei einem anderen Kupferschiefervorkommen kaum wiederfinden dürfte. Sie hält hoffentlich noch recht lange in ihrer altbewährten Ergiebigkeit aus, als ein wahrer Segen des Mansfelder Bergbaues.

Diskussion¹⁾.

Prof. Dr. Erdmann: Es sei mir gestattet, mich zur Frage der Bildung des Kupferschiefers vom chemischen Standpunkt zu äußern. Ich pflichte vollständig der Meinung des Herrn Vortragenden bei, daß die alte Präzipitationstheorie, nach der der ursprüngliche Niederschlag des Kupfers und der es begleitenden Metalle aus dem Meerwasser, gleichzeitig mit dem bituminösen Schlamm, erfolgte, alle Wahrscheinlichkeit für sich hat. Kupfer ist in Meerwasser in nicht ganz unbedeutlicher Menge vorhanden, wie Dieulafait²⁾ zuerst nachgewiesen hat. Hier ist es hineingelangt durch die Abtragung und Auslaugung archaischer Gesteine, wie Gneis, Granit, Glimmerschiefer, Porphyry, die regelmäßig Kupfer in feinsten Verteilung enthalten.

Das im Meerwasser gelöste Kupfer reichert sich an in der Meeresfauna und -flora, in den Austern³⁾ und Fischen⁴⁾, ebenso im Tang in den Bakterien und anderen niederen Organismen, dem Plankton der Meere. Außerdem hat ein im Wasser niedersinkender feiner Tonschlamm die bemerkenswerte Eigenschaft, auch aus Kupfersalzlösungen das Metall zu adsorbieren⁵⁾. Im

1) Die Herren Diskussionsredner haben ihre Beiträge zur Entstehung des Kupferschiefers in nachträglich bearbeiteter und erweiterter, auch durch Literaturbelege ergänzter Form zur Verfügung gestellt.

2) Ann. Chim. Ph. (5) 18, 359 (1879).

3) Austern enthalten bis zu 0,17 %, in Ausnahmefällen selbst 0,3 % Kupfer, Willard, Chem. Zentralbl. 1908, II, 336.

4) Vgl. White und Thomas, Chem. Zentralbl. 1912, II, 134.

5) Biltz und Marcus, Zeitschr. f. anorg. Chemie 64, 242 (1909).

getrockneten Sielschlamm sind neuerdings 0,64 ‰ Kupfer (neben 0,11 ‰ Blei und Silber) gefunden worden¹⁾. Wo immer adsorbierendes Material in Kupferlösungen sedimentiert wird, ist eine Kupferanhäufung zu erwarten.

Besonders ist dies der Fall in isolierten Becken, die Meerwasser enthalten, wie in den Salzgärten am Mittelländischen Meer, oder in mehr oder weniger abgeschlossenen Meerbusen. Hier, wo das Meerwasser sich selbst überlassen bleibt, bildet sich ein mit Kupfer und organischer Materie imprägnierter schwarzer Schlamm als Bodensatz. Der in Lösung befindliche Gips wird durch die organische Materie zu Calciumsulfid reduziert und das Kupfer dadurch in unlösliches schwarzes Kupfersulfid verwandelt.

Auch im Zechsteinmeer ist Kupfer ganz sicher vorhanden gewesen. Denn Biltz und Marcus fanden in je 1 kg des älteren Steinsalzes 0,5 mg, und berechnen daraus für das ursprüngliche Meerwasser 17 mg Kupfer im Kubikmeter²⁾. Im Salzton fanden sie eine viel größere Menge, nämlich 5—13,5 mg Kupfer im Kilogramm. Die Anreicherung ist hier offenbar auf die adsorbierende Wirkung des Tonschlammes zurückzuführen. Nun wird auch von geologischer Seite der Kupferschiefer als ein Analogon der Salztonbildung betrachtet³⁾. Vom Standpunkt des Chemikers kann diese Auffassung nur geteilt werden. Der Unterschied im Kupfergehalt zwischen Kupferschiefer und Salzton ist nur ein quantitativer.

Mit dem unteren Zechstein beginnt nach meiner Auffassung die Ausscheidung der gelösten Meeresbestandteile, die mit den Kalisalzen endigt. Das im Meerwasser enthaltene Kupfer muß auch aus der verdünntesten Lösung dort gefällt werden, wo sich infolge von Fäulnisprozessen oder infolge der Tätigkeit spezifischer Mikroorganismen, wie sie in der Jetztzeit im Schwarzen Meer nachgewiesen worden sind⁴⁾, Schwefelwasserstoff entwickelt. Läßt man diese Annahme der Schwefelwasserstoffentwicklung auf dem Grunde des Meerbusens, der die jetzige Mansfelder Mulde bedeckte, zu, so ergibt folgende kleine Rechnung, daß sehr wohl die Möglichkeit besteht, aus dem normalen Kupfergehalt des Meerwassers die vorhandene Anhäufung dieses Metalles im Kupferschiefer zu erklären.

Eine 1000 m mächtige Steinsalzablagerung entspricht für den Quadratmeter Bodenfläche 74200 cbm Meerwasser. Dieses enthält, wenn wir die Zahl von Biltz und Marcus zugrunde legen, $17 \times 74200 \text{ mg} = 1,261 \text{ kg}$ Kupfer, äquivalent 36 kg Kupferschiefer von durchschnittlich 3,5 ‰ Kupfergehalt. Das entspricht, da sein spezifisches Gewicht 2,5 beträgt, einer Schicht von 14,4 mm schmelzwürdigen Kupferschiefers, d. h. etwa dem 7. Teil der in den Hettstedter Revieren vorhandenen Lagen. Rechnung und tatsächlicher Befund geben hier also zumindest Zahlen der nämlichen Größenordnung. Nur siebenmal brauchte sich der Kupfergehalt desjenigen Meerwassers, welches später das ältere Steinsalz zur Ausscheidung brachte, nach Ausscheidung als Sulfid, durch Diffusion oder Zuströmung zu ersetzen, um das nötige Kupfer für das Kupferschieferflöz zu liefern. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Ausdehnung des letzteren hinter derjenigen der folgenden Zechsteinsedimente zurückbleibt, vornehmlich aber, daß der Prozentgehalt an Kupfer keineswegs in dem vorhandenen Flöz ein gleichmäßig hoher ist⁵⁾. Im Gegenteil, das Mansfeld-Eislebener Gebiet nimmt, soweit bekannt, eine

1) J. W. Dougal, Chem. Zentralbl. 1912, I, 449.

2) Dieulafait hat nur die untere Grenze des Kupfergehaltes für Mittelmeerwasser bestimmt, und zwar auf spektralanalytischem Wege. Dieser Mindestgehalt beträgt nach ihm 10—12 mg Kupfer im Kubikmeter.

3) Zimmermann, Kali 3, 309 (1909).

4) Von den russischen Forschern Andrussow und Lebedintzew.

5) Vgl. hierzu: Pompeckj, „Das Meer des Kupferschiefers“, Branca-Festschrift, Seite 450 ff.

Ausnahmestellung ein: weite Flächen des mittleren und westlichen Deutschland sind mit einem erz-, speziell kupferarmen Kupferschiefer bedeckt, an anderen Stellen fehlt er ganz. Da also die Fällung nicht homogen war, so ist eine weit über den Durchschnitt erfolgende Anhäufung des Kupferreichtums des Wassers an den Stellen leicht erklärlich, wo die Bedingungen seiner Ausscheidung besonders günstig waren.

Ferner kommt in Betracht, daß die vielen neben dem Kupfer im Kupferschiefer nachgewiesenen Elemente: Silber, Eisen, Zink, Mangan, Blei, Cadmium, Kobalt, Nickel, Arsen, Antimon, Vanadin ebenfalls im Meerwasser enthalten sind und ebenfalls — teils aus neutraler Lösung, teils bei Gegenwart von Ammoniak ¹⁾ — durch Schwefelwasserstoff als unlösliche Sulfide gefällt werden.

Zusammenfassend möchte ich meine Meinung dahin aussprechen:

Der Kupferschiefer ist mit dem ihm noch unterlagerten Sandstein als eines der ersten Sedimente des Zechsteinmeeres entstanden. Durch besondere Umstände, wie sie sich in isolierten Meeresteilen auch jetzt noch einstellen, ist der im Wasser gelöste Gips zu Calciumsulfid reduziert oder es ist Schwefelwasserstoff durch den Lebensprozeß von Bakterien auf dem Meeresgrunde entwickelt worden. Dadurch wurde das in Lösung befindliche Kupfer (nebst begleitenden Metallen) in Sulfidform gefällt, von niedersinkendem kalkhaltigen Tonschlamm adsorbiert und gleichzeitig mit dem Plankton sedimentiert. Es ist nicht erforderlich, besonders hohe Gehalte des Meerwassers an Kupfer oder den Zufluß konzentrierter Kupferlösungen anzunehmen; sein normaler Kupfergehalt scheint mir zu genügen, um die Konzentration im Mansfelder Kupferschiefer zu erklären ²⁾.

Die Änderungen des Kupfergehaltes in der Gegend der Rücken betrachte ich mit dem Herren Vortragenden als sekundäre Umbildung. Die lösende und transportierende Kraft mit Kohlensäure beladener, in den Verwerfungsspalten zirkulierender Wassermassen scheint mir eine genügende Erklärung für diese Umwandlungen zu bilden.

Prof. Dr. F. von Wolff: Die Entstehung des Kupferschiefers ist ein umstrittenes Problem. Während Posepny, Beyschlag ³⁾ und Krusch die Lagerstätte als eine epigenetische erklärten; die ihren Kupfergehalt erst nachträglich durch Zufuhr von Kupferlösungen aus der Tiefe auf Spalten erwarben, hielten Stelzner und Bergeat ⁴⁾ an den alten, von Freiesleben und von Groddeck vertretenen Anschauungen einer syngenetischen Lagerstätte fest, nach denen der Erzgehalt gleichzeitig mit der Bildung der Mergelschiefer ausgefällt wurde.

Als Beweis für eine epigenetische Entstehung des Erzes wurde in erster Linie von Beyschlag das Fehlen der Niveaubeständigkeit des Kupfergehaltes des Flözes ins Feld geführt. Noch auffallender ist diese Erscheinung für den Silbergehalt. Der Erzgehalt ist nach ihm eine nachträgliche Imprägnation, jünger als der Mergelschiefer, die auf den Rückenspalten und an der Grenze zwischen Zechsteinkonglomerat oder Weißliegendem und Kupferschieferflöz emporgedrungen

1) Ammoniak läßt sich in geringer Menge noch im Kupferschiefer nachweisen.

2) Die Bildung des Mansfelder Kupferschiefers steht nach Dieulafait (l. c.) keineswegs in der Erdgeschichte vereinzelt da. Zu ganz analogen Bildungen rechnet er die russischen Kupferlager von Perm und Orenburg, sowie die südamerikanischen, die sich in den Anden in nordsüdlicher Richtung von Puño in Peru über ganz Bolivia bis zur Wüste von Atacama in Chile erstrecken. Auch hier sind, wie bereits Daubrée hervorhob, die Erze schichtenförmig gelagert, als Imprägnierung von Sandstein, und vergesellschaftet mit Gips und Kochsalz.

3) P. Beyschlag, P. Krusch und J. H. Vogt, „Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine“, II. 2., S. 604. Stuttgart bei Encke.

4) A. Stelzner-Bergeat, „Die Erzlagerstätten“ I., S. 412 ff. Leipzig 1904.

ist. Eine Abnahme des Kupfergehaltes mit der Entfernung von den Rücken, ferner der aufgelöste Zustand in den untersten Flözlagen sind weitere Argumente der epigenetischen Entstehung. Als primäre Erze werden kupferhaltiger Schwefelkies und Kupferkies aufgefaßt, während kupferreichere Erze, wie Buntkupfererz, auf Zementationsvorgänge zurückgeführt werden.

In neuerer Zeit hat Pompeckj¹⁾ in seiner Studie über das Kupferschiefermeer diese entgegengesetzten Anschauungen kritisch besprochen. Er stellte fest, daß die Rücken verschieden auf die Erzführung einwirken, bald veredelnd, bald verarmend, bald ist ein Einfluß nicht erkennbar. Das geringe Porenvolumen des Mergelschiefers ist überdies einer Zirkulation von Lösungen nicht günstig. Die gelegentlichen Imprägnationen des Liegenden sind für eine Epigenese nicht beweisend.

Der feine Erzarnisch auf dem Schuppenpanzer der Kupferschieferfische ist ferner durch eine epigenetische Imprägnation schwer erklärlich, da man doch kaum annehmen kann, daß überall dort, wo sich derartige verwesende Reste befanden, Klüfte den Zutritt von Lösungen gestatteten. Die Fossilien der Posidonien-schiefer des oberen Lias zeigen ähnliche Eisenkieshäutchen, an deren epigenetische Entstehung noch niemand gedacht hat.

Als Beitrag zur Entscheidung der Frage, ob eine epigenetische oder syngenetische Entstehung anzunehmen sei, mögen einige Beobachtungen an Handstücken aus dem Hermannsschacht bei Helfta mitgeteilt werden. Man beobachtet besonders deutlich auf Querschnitten zur Schichtung wie die feinen Kupferkiespartikelchen, die Speise, in feinfaseriger Anordnung parallel zu den Schichtflächen durch das ganze Gestein verteilt sind. Daneben kommen aber auch dünne angereicherte Erzlagen parallel zur Schichtfläche vor. Ihre Mächtigkeit ist höchstens 0,5 mm. Die Lagen wiederholen sich in Abständen von wenigen Millimetern zwei-, dreimal und öfter. Außerdem beobachtet man sogenannte „Erzlineale“ von 1 mm Mächtigkeit. Sie bestehen aus Kupferkies oder Buntkupfererz. Der Kupferkies hat in diesen — ein Beweis für seine epigenetische Entstehung — eine faserige Struktur. Die faserigen Partien greifen von beiden Salbändern aus fingerförmig ineinander. Der ganze Erzkörper besitzt die Gestalt eines dünnplattigen Lagerganges, der aber die Schichtfläche unter sehr flachem Winkel schneidet, also nicht genau in der Schichtebene liegt. In der Nähe einer schwachen Flexur splittert und fasert der Gang aus, während die feinen Kupferpartikelchen in der oben beschriebenen lagenweisen Anreicherung mit verworfen sind und der Flexur folgen. An anderen Stücken beobachtet man deutlich, wie das Buntkupfererz oder der Kupferkies zwei unter einem Winkel sich schneidende Klüftflächen erfüllt. Ein solcher Gang zeigt im Querschnitt ein hakenförmiges Profil. Die Erzfüllung besteht aus kupferreicherem Buntkupfererz, das in der Nähe des Ausgehenden in kupferärmeren Kupferkies übergeht. Zweifellos hat also, das lehren diese Stücke, eine nachträgliche Verschiebung des Kupfergehaltes der Lagerstätte stattgefunden. Die Entstehung der Erzlineale ist gleichzeitig mit den zerrenden Dislokationen, die auch die Bildung der Rücken veranlaßt haben, und ein Vorgang der Zementation. Die lagenförmigen Anreicherungen der Speise jedoch haben, da sie mit verworfen sind, bereits bestanden und sind älter.

Wenn aber die Rückenbildung nur eine Verschiebung des bereits vorhandenen Kupfergehaltes bewirkt hat, so spricht diese Beobachtung mit großer Wahrscheinlichkeit zugunsten einer syngenetischen Bildung der Erzlager selbst.

Eine weitere Frage ist die nach der Herkunft der Kupferlösungen. Will man dieselben aus dem allen Meeren eigenen, verdünnten Gehalt an Kupfer-

1) J. F. Pompeckj, „Das Meer des Kupferschiefers“, S. 459. Branca-Festschrift, Leipzig 1914 bei Bornträger.

lösungen herleiten, so müßte man allerdings eine weitgehende Niveaubeständigkeit des Kupfer- und Erzgehaltes annehmen. Die Ablagerungen des Kupferschiefermeeres greifen aber über die eigentlichen kupferführenden Teile weit hinaus. Der Erzgehalt schwankt in diesen innerhalb recht weiter Grenzen. Nach Beyschlag beträgt er am Süd- und Westrande des Thüringer Waldes 1 %, in der Mansfelder Mulde durchschnittlich 3 %, in Westfalen nahezu 0 %. In Niederschlesien¹⁾ stellt sich überdies die Kupfererzführung in einem höheren Niveau ein. Von einer Niveaubeständigkeit kann also nicht gut die Rede sein. Die Kupferlösungen müssen daher örtlich zugeströmt sein. Als Erzbringer kommen die gewaltigen rotliegenden Eruptivgesteine in Frage.

Pompeckj vergleicht das Kupferschiefermeer mit dem heutigen Schwarzen Meer, in welchem über einer sauerstoffarmen, daher toten, stark salzigen Unterschicht eine spezifisch leichtere Süßwasseroberschicht mit Lebewesen schwimmt. Zusammen mit den Pflanzenresten sind vom nahen Uferaum auch Kupferlösungen eingeströmt und von dem verwesenden Faulschlamm ausgefällt worden. Man braucht dabei keineswegs an eine katastrophenhafte Vergiftung der Organismen zu denken.

Eine syngenetische Entstehung durch lokal einströmende Kupferlösungen läßt eine Niveaubeständigkeit der Erzführung gleichfalls nicht erwarten.

Die oben näher beschriebenen dünnen, lagenweisen Anreicherungen der „Speise“ können als rhythmische Ausfällungen im Sinne Liesegang's²⁾ aufgefaßt werden.

Ob nun das Kupfer gleichzeitig mit dem Eisen als Kupferkies primär ausgefällt wurde oder erst unter dem Einfluß der geothermalen Metamorphose, der das Kupferschieferflöz ebenso wie die Steinsalzlager unterlag, aus anderen Sulfiden sich gebildet hat, ist eine Frage für sich.

K. Lier, Krügershall bei Bahnhof Teutschenthal: Die Beantwortung der neuerdings von Posepny, Beck und Beyschlag strittig gemachten Frage nach der Entstehung des mitteldeutschen Kupferschieferflözes kann vielleicht mit Aussicht auf Erfolg auch so erfolgen, daß man nach der Herkunft und der Beschaffenheit der im Kupferschiefer auftretenden Erze und Mineralien fragt.

Dem aufmerksamen Beobachter fällt ohne weiteres auf, daß diese zahlreichen, wenn auch in geringer Menge vorkommenden Erze und Mineralien ausnahmslos Gangerze und Gangmineralien sind, die als solche in nächster Nähe im Harz und auch im Thüringer Walde vorkommen.

Nach Klockmann³⁾ stehen die Harzer (Erz-) Gangformationen zu bestimmten Eruptivgesteinen in genetischer Beziehung, und zwar kann man eine ältere granitische und eine postgranitische, die porphyrische Gangformation unterscheiden, die, nicht immer räumlich voneinander getrennt, häufig gemischt miteinander vorkommen.

Das Aufdringen des Granites im Harz und Thüringerwalde hat nach Prof. Dr. J. Walther im Oberkarbon stattgefunden, wobei gleichzeitig beide Gebirge sich als solche herausbildeten. Die Porphyre, Melaphyre usw. des Harzes, seines östlichen Vorlandes und des Thüringer Waldes dagegen haben sich erst im Oberrotliegenden herausgehoben.

1) Franz Beyschlag, „Die niederschlesische Kupferformation“, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1918, Heft 5.

2) R. E. Liesegang, „Geologische Diffusionen“. Dresden und Leipzig 1913 bei Steinkopff.

3) „Zur Frage nach dem Alter der Oberharzer Erzgänge“, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1893, S. 466.

Die Erzgänge, die dem Aufdringen des Granits ihre Entstehung verdanken, führen im Harz in der Hauptsache Bleiglanz, Zinkblende und sonstige Sulfide und antimonhaltige Mineralien, als Gangarten Quarz und Kalkspat. Letztere kommen — allerdings untergeordnet — auch in den Gängen vor, die sich an das Vorkommen des Quarzporphyrs knüpfen, charakteristisch für die letzteren aber ist das Auftreten von Schwerspat; untergeordnet treten hier weiter Flußspat und Anhydrid auf.

Die porphyrische Gangformation bei Lauterberg am Südwestrande des Harzes führt neben Roteisenstein auch Kupferkies und Kupferglanz; dagegen scheinen die Gangzüge bei Neurode am Südostrande des Harzes einem Mischtypus anzugehören, im ursächlichen Zusammenhange stehend mit dem Aufdringen des Granits vom Rammberg (K. A. Lossen) und dem Quarzporphyr bei Stolberg.

Auffällig erscheint es nun, daß bisher ein gewinnbringender Abbau des Kupferschieferflözes nur in der Nähe des Harzes und des Thüringerwaldes stattfinden konnte. In weiterer Entfernung von diesen Gebirgen und den sonst vorkommenden Quarzporphyren war das Kupferschieferflöz auf die Dauer nie abbauwürdig — und in Westfalen und bei Osnabrück führt das Flöz überhaupt kein Kupfererz mehr — es ist „taub“.

Man kann deshalb kaum im Zweifel sein, daß die Quarzporphyre und Melaphyre des Harzes und des Thüringer Waldes die Erzbringer des mitteldeutschen Kupferschieferflözes sind, wodurch auch die Frage nach einer syngenetischen oder epigenetischen Entstehung beantwortet wird. Schon bei und unmittelbar nach dem Aufdringen der erwähnten Eruptivgesteine wird ein erheblicher Teil des Erzes in Gasen und Dämpfen aus dem Erdinnern mit heraufgebracht sein. Dann wird weiter in der ersten Zeit nach der Bildung der Gangspalten ein besonders starkes Austreten von erzhaltigen juvenilen Wassern stattgefunden haben; denn es erscheint höchst wahrscheinlich, daß bei der Ausfüllung aller Gangspalten nur der kleinste Teil der in den zirkulierenden juvenilen Wassern enthaltenen Erzmenge sich in den Gangspalten abgesetzt hat, der weitaus größte Teil wird mit den Wassern aus den Gangspalten herausgequollen sein und kam so in das noch in der Bildung begriffene und deshalb noch seichte Zechsteinmeer. Das entstehende Zechsteinmeer brachte nach der Bildung des untersten Zechsteinsedimentes — des Zechsteinkonglomerates — einen feinen Ton- und Mergelschlamm zum Absatze, den man sich entstanden denken kann aus dem verkittenden Zement der oberrotliegenden (Wüsten-) Konglomerate bei der Zusammenschwemmung des Zechsteinkonglomerates. Dieser kolloidale Tonschlamm wurde nach und nach durch verwesende Stoffe des Pflanzen- und Tierreiches in eine Art Faulschlamm verwandelt. Bei diesem Vorgange wurde sowohl H_2S als auch NH_3 und Bitumen gebildet. H_2S in Verbindung mit NH_3 fällt auch aus sehr verdünnten Lösungen Cu und andere Metalle als Sulfide, die durch das damals jedenfalls noch flüssige Bitumen (Oelemulsion) zusammengeballt und dann zum Absatze gebracht wurden — ein Vorgang, der neuerdings als Aufbereitungsprozeß für in der Gangart sehr fein verteilte wertvolle Erze im großen zur Anwendung gelangt, nachdem die geförderterten Erze staubfein gepocht und vermahlen worden sind. Auch die Tatsache würde dadurch erklärlich, daß im Mansfeldschen die reicheren Flözpartien an das reichere Vorkommen des Bitumens geknüpft sind. Man kann dieses Verhältnis auf die Formel bringen: Je mehr Bitumen — desto reicheres Erz — und umgekehrt. Weiter spielte bei der Sedimentierung des Erzes die adsorbierende und auswählende Kraft des kolloidalen Tonschlammes eine bedeutende Rolle, worauf schon E. Kohler¹⁾ aufmerksam gemacht hat.

1) E. Kohler, „Adsorptionsprozesse bei der Lagerstättenbildung“, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1903, S. 49 ff.

Das Vorkommen des Erzes in feinen Streifen im Kupferschiefer von Messerschärfenstärke bis zu einigen Millimetern Dicke kann auf einen periodischen Wechsel in der Bildung des Erzabsatzes hindeuten, dadurch hervorgerufen, daß auf dem Meeresgrunde einmal die fällenden Agenzien sich stärker entwickelten, wodurch alles erreichbare Metall zum Absatz gebracht wurde, worauf dann eine Zeit verging, bis in diese metallfreie unterste Wasserschicht von oben wieder Metallösungen hineindiffundierten. Dagegen ist wohl kaum anzunehmen, daß die erzbringenden Spaltenquellen bald mehr oder weniger stark flossen oder diese Wasser schubweise ins Meer gerieten.

Gleichzeitig mit der in vorstehendem geschilderten Imprägnierung des Tonschlammes mit feinen Erzpartikelchen — der „Speise“ — konnten auch die mehr oder weniger runden Erzkörnchen und derberen Kongregationen zur Ablagerung gelangen, die man sich aus der Zerstörung älterer Erzgänge und -lager (Rammelsberg) entstanden denken kann, worauf Prof. Dr. J. Walther¹⁾ hingewiesen hat.

Diese Abtragung von Erzgängen und -lagern scheint auch dann noch angehalten zu haben, nachdem durch weitere Einsenkung des Zechsteinmeeres mehr und mehr kalkige Sedimente zur Ablagerung gelangten, die nicht mehr die adsorbierende Kraft des Tonschlammes besaßen, während gleichzeitig die Erzzufuhr nachließ, weil die auf den Gangspalten aufsteigenden Tiefenwasser nicht mehr so kräftig flossen, vielleicht auch eine Anzahl Gänge mehr oder weniger vollständig ausgefüllt waren. Dadurch erklärt sich mühelos das allmähliche Ausklingen des Erzgehaltes nach dem Hangenden des Kupferschieferflözes hin und das Auftreten der sogenannten „Erzkieken“ in diesen Flözteilen.

Ueber den Einfluß der „Rücken“ genannten, herzynisch streichenden Störungen im Mansfeldschen hat Direktor Geipel eingehend berichtet und nachgewiesen, daß keine stichhaltigen Beweise dafür ins Feld geführt werden können, nach welchen eine Imprägnierung des Flözes von diesem Rücken aus stattgefunden haben könnte.

Prof. Dr. J. Walther: Meine Herren! Es gewährte uns allen hohes Interesse, von zwei Vertretern der bergmännischen Praxis hier Ansichten über die Bildung des Kupferschiefers äußern zu hören, die in vielen Punkten mit den Ergebnissen neuer wissenschaftlicher Forschung²⁾ übereinstimmen. Schon die alten Bergleute, wie

1) Joh. Walther, „Lehrbuch der Geologie Deutschlands“, S. 91 usw.

2) Für den Druck erweitert unter Berücksichtigung folgender Schriften:

- Th. Brandes: Sandiger Zechstein am alten Gebirge an der unteren Werra und Fulda und die Kontinuität des Landwerdens in Mitteldeutschland. Centralbl. f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1912, Nr. 2, S. 660—671.
- E. Dietz: Ein Beitrag zur Kenntnis der deutschen Zechsteinschnecken. Inaug.-Diss., Halle 1909.
- E. Hennig: Otolithen bei Palaeoniscus. Sonderabdr. a. d. Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde, Berlin 1915, Nr. 2.
- R. Hundt: Gliederung des unteren und mittleren Zechsteins in den gegenwärtigen Aufschlüssen in Geras Umgebung und eine Darstellung der Klippenvorkommen des unteren Zechsteins. Sonderabdr. a. d. 53 54. Jahresber. d. G. v. F. d. N. in Gera, S. 56—81.
- R. Hundt: Koprolithen mit eigenartiger Zusammensetzung aus dem Kupferschiefer der Schiefergase, den Merzenbergen und den westlichen Abhängen an der Weimar-Geraer Bahn entlang. Sonderabdr. a. d. 53 54. Jahresber. d. G. v. F. d. N. in Gera, S. 82—84.
- R. Hundt: Kiefer von *Platysomus macrurus* Ag. aus Schicht 2 (Kupferschiefer) des unteren Zechsteins. Sonderabdr. a. d. 55 56. Jahresber. d. G. v. F. d. N. in Gera.
- A. Langenhan: Die Wartberge bei Thal in Thüringen. Sonderabdr. aus Nr. 6 der Thüringer Warte.
- H. L. F. Meyer: Der Zechstein in der Wetterau und die regionale Bedeutung seiner Facies. Ber. d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Gießen, Neue Folge, Naturwissensch. Abt., Bd. 5, S. 49—106 (1912).

Freiesleben, von Veltheim u. a., hatten erkannt, daß man den Kupferschiefer nur in seinem Verband mit liegenden und hangenden Gesteinen richtig beurteilen kann. Als aber dann bei der Kartierung der mitteldeutschen Zechsteingebiete eine mehr abstrakte, rein stratigraphische Betrachtungsweise in den Vordergrund trat, und der Kupferschiefer als ein geologischer „Horizont“ ausgeschieden und mit äquivalenten Schichten vereint, diese aber wieder von anderen liegenden und hangenden Horizonten scharf getrennt werden mußten, wurden die Betrachtungen über seine Bildungsweise erschwert, weil zeitlich übereinstimmende, aber genetisch grundverschiedene Gesteine nicht einheitlich erklärt werden können.

Die Entstehung des Kupferschiefers ist an der Wende der rein festländischen rotliegenden Zeit und der darauffolgenden rein marinen Zechsteinzeit unter dem wechselnden Einfluß von Meer und Wüste erfolgt, und nur wenn man diese Umstände berücksichtigt, ist die eigenartige Gesteinsbildung richtig zu verstehen.

Der Mangel aller marinen Fossilien, die Häufigkeit roter Letten und roter Sandsteine, die Einschaltung riesiger Vulkane und gewaltiger Schuttdecken, kleiner Kohlenflöze und schwacher Kalkschichten, von sandgeschliffenen Windkantern und Trockenrissen, die Fährten riesiger Stegocephalen und die Stämme jahrhundertalter Koniferen — sind ebensoviel Beweise für die festländischen Zustände während des Rotliegenden in Deutschland.

Aber zugleich sehen wir daneben die Wirkung gewaltiger Ruckregen, die wiederholt das weite rote Land überfluteten, tiefe Trockentäler ausfurchten und vergängliche Seen bildeten. Eingeschlossene Gerölle lassen oft erkennen, daß der Schutt nicht weit transportiert wurde, ehe er wieder zur Ablagerung kam, und da neben schutfreien Gebieten (wo der Zechstein direkt auf dem abgetragenen Grundgebirge ruht) riesige Becken mit Hunderten von Metern roten Schutttes erfüllt sind, muß man schließen, daß weite Gebiete des roten Festlandes nicht nach dem Meere ausgeräumt werden konnten, also abflußlos waren.

Ueber die weite flachgewellte Landoberfläche ragten überall noch die felsigen Klippenzüge des teilweise abgetragenen karbonischen (varistischen) Gebirges empor. Dazwischen erhoben sich dampfende Vulkane und in ihrem Gefolge entquollen Gas- und Mineralquellen dem Boden.

-
- H. L. F. Meyer: Die Gliederung des Zechsteines. Ber. d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Gießen, Neue Folge, Naturwissensch. Abt., Bd. 6, S. 109 — 138 (1914).
- H. L. F. Meyer: Beziehungen zwischen Tektonik und Sedimentation im Zechstein. Zeitschr. Kali 1915, 9. Jahrg., Heft 2.
- E. Naumann: Ueber die Zechsteininformation des Blattes Eisenach West. Bericht über die Aufnahme des Blattes Eisenach-West im Jahre 1910. Jahrb. d. Königl. Preuß. Geolog. Landesanstalt, Bd. 31, Teil 2, Heft 3 (1910).
- J. F. Pompeckj: Das Meer des Kupferschiefers. Branca-Festschrift, Leipzig 1914, S. 444.
- Riedel, Hertha: Die Fossilführung des Zechsteins von Niederschlesien. Inaug.-Dissert., Halle 1917.
- E. Rübenstrunck: Ueber riffbauende Tiere und andere erdgeschichtliche Beobachtungen im thüringischen Zechstein-Riffgebiet. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. 82, Heft 1.
- Ch. Schuchert: The Conditions of Black Shale Deposition as Illustrated by the Kupferschiefer and Lias of Germany. Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. LIV, Nr. 218, August 1915.
- H. Scupin: Die erdgeschichtliche Entwicklung des Zechsteins im Vorlande des Riesengebirges. Sitzungsber. d. Königl. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1916, LIII.
- A. Strigel: Geologische Untersuchung der Permischen Abtragungsfäche im Odenwald und in den übrigen deutschen Mittelgebirgen. Verh. des Naturhist.-Mediz. Vereins zu Heidelberg, Neue Folge, Bd. 12, Heft 1.
- J. Walther: Geologie Deutschlands, 2. Aufl., Leipzig 1912, S. 91.
- J. Walther: Geschichte der Erde und des Lebens, Leipzig 1908, S. 300.
- E. Zimmermann: Ueber die Rötung des Schiefergebirges und über das Weißliegende in Ostthüringen. Monatsber. d. Deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 61, Nr. 3 (1909).

Die Gestalt des umgebenden Festlandes ist für den Odenwald durch Strigel eingehend untersucht worden. Die Trockenheit des am Schluß der Oberrotliegendenzeit herrschenden Klimas wird durch die neuerdings so oft beobachteten Windkanter deutlich belegt.

Meine Studien über den Laterit in Niederländisch-Indien und Australien haben mich erneut in der Ueberzeugung befestigt, daß auch Deutschland während der Karbon- und Permzeit von lateritischen Verwitterungsdecken überzogen war; wie dort, wurden sie vom Wind und Wasser intensiv abgetragen, ihre roten, feinerdigen Teile färbten alle Schutt- und Geröllmassen ebenso wie die daraus entstehenden Letten und Sande. Da die rote Lateritfarbe um so intensiver ist, je eisenreichere Gesteine lateritisch verwitterten, müßte man ihre letzten Ueberreste auf den devonischen Diabaszüge und Schalsteinklippen suchen. Manche Brauneisen- oder Roteisenlager in deren Umgebung mögen die umgewandelten Lateritdecken darstellen.

Unter dem Einfluß magmatischer Herde waren in den Falten des Gebirges Erzlager und Erzgänge entstanden, deren von der Abtragung bis heute verschonten Reste im Oberharz wie im Unterharz, im Frankenwald wie im Erzgebirge jetzt noch bergmännisch gewonnen werden — aber sowohl das Kupferkieslager des Rammelsberges, wie die zahlreichen, inzwischen abgebauten Kupferkiesgänge der genannten Gebirge, zwischen deren Felsregionen sich später das kupferschieferbildende Becken dehnte, wurden bekanntlich während der Oberkarbon- und Unterpermzeit abgetragen, und hierbei sind die hangenden Teile aller später im Ausbiß zu Tage anstehenden Erzkörper abgewaschen, aufgelöst und entfernt worden. Alle diese damals gebildeten schwachen Metallösungen gerieten in den Kreislauf des Wassers und mußten nach dem Weltmeere fließen, solange Deutschland zum Oberkarbonmeer dräniert war — in dem Augenblick aber, wo das Land durch ein trockeneres Klima abflußlos wurde, wo die Flüsse nicht mehr das „Arta“-meer im fernen Osten erreichen konnten, blieben alle durch Verwitterung entstehenden Lösungen im Flußgebiet zurück. Sie wurden als zarte Mineralkrusten im lockeren Sand und Schutt ausgeschieden, ähnlich wie jetzt noch die Mangan- und Kobaltlösungen an den Thermen der libyschen Oasen den Wüstensand verkitten. Diese aus den verwitterten Erzkörpern des Harzes und Thüringer Waldes stammenden Metallverbindungen wurden während der Rotliegendenzeit durch die Fumarolen und Mineralquellen, die sich im Zusammenhang mit dem permischen Porphy-, Porphyrit-, und Melaphyerausbrüchen überall bildeten, ungemein vermehrt. Und alle diese Metallverbindungen der unterirdisch abgeschiedenen oder als Mineralquellen ausfließenden Gewässer mußten in dem abflußlosen Lande zurückbleiben. Aus vadosen Lösungen in einem regenarmen Lande überall niedergeschlagen, fanden sie sich in allen unterpermischen Alluvionen, allen sandigen, tonigen und kiesigen Bodenarten, die als breite Schuttflächen von den Bergen des varistischen Faltenlandes herabglitten, weite Trockentäler erfüllten oder die Abhänge und den Fuß der Vulkanberge überzogen.

Die Form der durch diese Abtragsverhältnisse entstehenden Landschaft ist aus vielen Profilen deutlich herauszulesen. Thüringen und Harz bieten glänzende Beispiele dafür, daß neben einer im allgemeinen ebenen Landfläche einzelne felsige Klippenzüge, bald aus Grauwacken und Schiefen, bald aus devonischen Diabasen bestehend, dahinzogen, während dazwischen Gruppen von Vulkankegeln sich regellos erhoben.

Die bei der Abtragung entstehenden roten Gewässer flossen am Abhang der Berge herab, drangen in alle geöffneten Spalten hinein und bilden noch heute die charakteristische Farbe der alten Rumpffläche. Zimmermann hat deren Verbreitung im Frankenwald genau verfolgt. Viele Aufschlüsse zeigen deutlich, daß

nicht die Gesteine selbst, sondern nur die Wände der sie durchschneidenden Klüfte rot gefärbt sind.

Die Gewässer, die sich in kleinen und großen Seen sammelten, wurden dort unter dem Einfluß organischer Verwesung rasch entfärbt, und so bildeten sich an deren Boden sehr mannigfaltige Sedimente. Graue und humusreiche schwarze Tonschiefer, oft sogar kleine Kohlenlager schalteten sich zwischen die grobklastischen Trümmergesteine, und auch an chemisch niedergeschlagenen Seeabsätzen fehlte es nicht. Im Unterrotliegenden von Niederhäßlich umhüllte chemisch abgeschiedener Kalk bei seinem Eintrocknen die im vergänglichen See lebenden Branchiosauren mit ihrer zarten Brut, und bei Lebach bildeten sich in ähnlicher Weise die bekannten, an Stegocephalen reichen Eisen Schwülen. Die Arkosen, die in ihrem Hangenden und Liegenden bekannt sind, sprechen mit aller Deutlichkeit dafür, daß innerhalb eines Wüstenlandes mit starker physikalischer Verwitterung feldspathaltige Gesteine in vergänglichen Trockenseen abgelagert wurden.

Besonderen Nachdruck möchte ich aber auf eine örtliche Bildung im Thüringer Rotliegenden legen, die man vom lithogenetischen Standpunkt als einen Vorläufer des „Kupferschiefers“ betrachten darf. Bei Goldlauter bildete sich ein See, in dem zahlreiche, dem Meere entstammende, aber an das Süßwasser angepaßte kleine Hai fische (*Acanthodes*) so lange sich vermehrten, bis der See schrumpfte und sein gesamter Inhalt in einen grauen Tonschlamm verwandelt wurde, in welchem Schwülen (*Concretionen*) von erreichem Kalk die reduzierende Wirkung der faulenden Fischchen erkennen lassen. Hier, in einem kleinen Binnensee, fern vom Meere (das in den Alpen und Ostrußland wogte), bildete sich also schon in der mittleren Rotliegendenzeit ein dem Kupferschiefer in vielfacher Hinsicht ähnliches Gestein.

Auch die Dünen, welche Meinecke bei Mansfeld und Brandes bei Kornberg in Hessen nachwies, sind sprechende Zeugen des Klimas. Daß von den nahen Gebirgen wasserreiche Flüsse herabstürzten, wird durch die Schuttkegel bewiesen, die H. F. Meyer in Hessen und Scupin in Schlesien beobachtet haben.

Uebergreifend über diese verschiedenartigen Bildungen finden wir den Zechstein, dessen Entstehung von seiner Unterkante bis zu den Bröckelschiefern des Buntsandsteins unter dem Wasserspiegel, wenn auch in sehr wechselnder Weise, erfolgte.

Zunächst schritt das russische Meer nach Deutschland herein und begann von dem bis dahin festländischen Gebiet Besitz zu nehmen.

Viele Geologen haben sich unter dem Einfluß von F. von Richthofen daran gewöhnt, anzunehmen, daß jedes Meer imstande sei, sich seinen Weg ins Festland selbst zu bahnen. Mit Hilfe der Brandungskraft (deren Gewalt niemand leugnen kann) soll jede Transgression eingeleitet und bestimmt worden sein. Die Ebenheit vieler transgredierend von Meeresabsätzen überlagerten Gebirgsrümpfe, die Häufigkeit des sogenannten „Grundkonglomerats“ schien eine solche Auffassung zu stützen.

Neuerdings hat man aber immer deutlicher erkannt, daß das Meer keine regional ausgedehnten Diskordanzen schafft, während andererseits ein an der Grenze von Wüste und Pluvialgebiet gelegenes Bergland der Abtragung bis zu einer ebenen Rumpffläche leicht unterworfen ist.

Wenn ein Meer in vorher landfestes Gebiet erobrend eindringen will, so stehen ihm zwei Wege offen; der eine, eng und schmal, wird dadurch geöffnet, daß das Klima sich ändert, der andere, breit und regional, entsteht, wenn eine Senkung der Erdrinde erfolgt — beide hat das Zechsteinmeer nacheinander beschritten.

Die natürlichen Pforten für ein eindringendes Meer sind die Flußrinnen, deren Boden unter dem Meeresspiegel liegt. Zwar sind diese Rinnen bei regen-

reichem Klima mit süßem Wasser gefüllt, aber eine geringe Verminderung der Niederschlagshöhe kann genügen, um das salzige Meerwasser in die Flußmündungen eindringen zu lassen.

Die ältesten deutschen Zechsteinschichten sind nun nur an zwei so eng umschriebenen Stellen mit marinen Fossilien gefüllt (Schiefergasse bei Gera und Bahndurchschnitt bei Eppichnellen), daß ich sie als Querschnitte einer solchen, mit Meerwasser gefüllten, Rinne betrachte. Sie enthalten als leitendes Fossil *Productus cancrini*, der sonst in Deutschland nirgends gefunden worden ist, nebst einigen anderen marinen Formen aus dem russischen Zechstein.

Die Bildung des Kupferschiefers erfolgte nun sofort nach diesen Ereignissen auf einer breiten, fast ganz Hessen, Thüringen und Sachsen bedeckenden Fläche.

Der Kupferschiefer ist zunächst ein anorganisches Tongestein, das, sehr dünn-schichtig in einer Mächtigkeit von 25—50 cm entwickelt, etwa 5—20 % organisches, brennbares Bitumen enthält. Zu diesen klastisch und organisch entstandenen Bestandteilen kommen die chemisch ausgeschiedenen, feinverteilten Körnchen von Kupferverbindungen mit einem wechselnden Gehalt an Bleiglanz, Fahlerz, Schwefelkies, Kobalt, Antimon, Zink, Wolfram, Silber und Spuren von Gold, Selen, Vanadium und Molybdän. Auch der Kalk- und Dolomitgehalt wechselt regional.

Sehr interessant ist eine neuerdings von Hundt genauer untersuchte Vertretung des Kupferschiefers durch eine knollige Dolomitbank, die in raschem Facieswechsel bis zu 36 cm anschwillt. Ein Teil der Knollen sind um Koprolithen oder Fischreste ausgeschieden; *Paläoniscus*, *Pygopterus* fand sich darin, während der dolomitische Kupferschiefer reich ist an *Pleurophorus*, *Schizodus*, *Leda* und *Nicula*, meist in zerbrochenen Exemplaren, und daneben *Acanthocladia Phyllopora*, *dentalium Productus horridus* und *Spirifer alatus* enthält.

Diese vom untersten zum unteren und mittleren Zechstein überleitende Bildung ist von höchstem Interesse, denn hier ist die marine Entwicklung, ohne Unterbrechung durch den Kupferschiefer, weitergegangen.

Auch die in der Wetterau und am Spessart auftretenden Kupferletten sind eine eigenartige Bildung, die bei einer Mächtigkeit von 2 m abweichend von dem normalen Kupferschiefer, ausgebildet sind.

Das übrige Mitteldeutschland aber wird von jener gleichartigen schwarzen, dünn-schichtigen, erzführenden, fischreichen Decke überzogen, die seit Jahrhunderten einen so ergiebigen Bergbau veranlaßt.

Wichtig ist sodann die von Meinecke zuerst erkannte Tatsache, daß der Kupferschiefer überall da fehlt, wo der untere Zechstein als Riffdolomit entwickelt ist. Die Klippen, auf denen sich dann riffbildende Stromarien (*Esinospongia Schubarti*), Fenestellen und andere kalkbildende Organismen ansiedelten, überragten das Kupferschieferbecken und wurden von dem auf seinem Grund gebildeten dunklen Schlamm nicht bedeckt.

Die Tiefe des Kupferschiefersees läßt sich danach gut bestimmen, denn der schwarze Schlamm hat zwar die 3 m hohen weißliegenden Dünen bei Mansfeld überzogen, aber die Klippen von Sachsa, auf denen sich in wenigen Metern Abstand vom Kupferschiefer die dolomitischen Riffkalke bildeten, ragten über das Kupferschieferbecken heraus. Weite Flächen des frisch gebildeten Schlammes müssen halbtrocken gelegen haben. Denn die, von manchen als „Fischaugen“ bezeichneten, hirsekorngroßen Knötchen, welche (mit oder ohne Fische) manche Platten überstreuen, halte ich für Koniferensamen, die mit ihren geflügelten Anhängen vom Winde über die zähe, klebrige Schlammfläche verweht wurden.

Nach meiner Auffassung reicht eine Senkung von Mitteldeutschland um wenige Meter und eine kurze Regenperiode in den umgebenden Gebirgen hin,

um alle scheinbar so widerspruchsvollen Eigenschaften des Kupferschiefers befriedigend zu erklären.

Als ich Anfang August 1914 in den westaustralischen Wüsten vom Weltkrieg überrascht wurde, hatte es dort 3 Jahre keinen Tropfen geregnet. Die kümmerliche Flora des Landes war teilweise vertrocknet, überall schaute der lockere rote Schutt hervor. Weite, flache Seen waren in rote Lettenpfannen verwandelt, die sich über Hunderte von Quadratkilometern ausdehnten. Selbst die wilden Kaninchen, die den Farmer an der regenreicheren Küste so sehr geschädigt hatten, lagen überall verdurstet an ihren Bauen, nur die der Trockenheit des Klimas angepaßten Beuteltiere belebten noch die Berge. Und doch konnte man aus den Aufzeichnungen der meteorologischen Stationen ersehen, daß in der Nähe von Fontescue am 3. Mai 1890 eine Regenmenge von 30 cm Höhe niedergegangen war.

An solche Umstände möchte ich denken, um die Bildung des großen, flachen Seebeckens zu erklären, in dem der Kupferschiefer niedergeschlagen wurde. Die stürmisch herabstürzenden Fluten wuschen von den Gehängen des Harzes und Frankenwaldes nicht nur das tonige Verwitterungspulver ab, sondern laugten gleichzeitig die darin vorhergehend ausgeschiedenen Metallsalze aus. Sie rissen alle die namenlosen Gewächse ab, die in den Trockentälern halbverdorrt übriggeblieben waren, und so sammelte sich in der flachen Senke ein dünner, schlammiger Brei, der die in kleinen Gruppen verteilten Wälder von Ullmannia, Voltzia und Gingho zum Absterben brachte. Es starben aber auch die in den vereinzelten Rinnen und seeartigen Erweiterungen der Trockentäler lebenden Meerestiere (Menaspis) und wurden als seltene Fossilien mit den ertrunkenen Sauriern (Proterosaurus) im feinen schwarzen Moderschlamm trefflich erhalten.

Schon in den vergänglichen Seen des rotliegenden Festlandes finden wir eine ziemlich artenreiche Fischfauna, besonders von *Paläoniscus vratislawensis*, und ich nehme an, daß ähnliche oberrotliegende Seen auf der Rumpfebene des Unterharzes oder auf den roten Schuttdecken von Ilfeld, Ermsleben, Meisberg und dem Hornburger Sattel mit Generationen von *P. Freieslebeni* und *P. magnus* belebt waren. Trat jetzt eine kurze Regenkatastrophe ein, wie sie in den australischen Wüsten mehrfach beobachtet worden ist, dann fluteten mit den schlammigen Wassern auch die Fische nach dem weiten Becken, das sich zwischen Harz, Frankenwald und Thüringen dehnte. Die Salzmenge der Meeresbuchten und seewassergefüllten Flußrinnen verteilte sich in dem Ueberschuß von Süßwasser, und alle vorhandenen Meerestiere mußten absterben, während sich die bei der großen Ueberschwemmung hineingeratenen Fluß- und Teichfische vermehrten. Da z. B. ein einziger Karpfen 700000 Eier ablegt, genügten einige hundert erwachsene Exemplare von *Paläoniscus*, um Millionen von Fischbrut zu laichen, die in dem an Pflanzenstoffen reichen Wasser genügend Nahrung fanden.

Aber bald sank der Wasserspiegel durch Verdunstung, neue Zuflüsse von süßem Wasser kamen nicht hinein, und so nahm die Konzentration des Wassers im „Kupferschiefer-See“ beständig zu. Die vorher nur in ganz schwacher Lösung vorhandenen Metallverbindungen waren zum Teil durch den Pflanzenmoder ausgefällt und als feinverteilte Speise darin verteilt — aber bei der zunehmenden Konzentration mußten die noch vorhandenen Kupfersalze immer mehr schädigend auf die Fische wirken, und zuerst machte sich das an der zarten Fischbrut geltend. Nachdem mehrere Laichsätze gut gediehen waren, konnten die folgenden Brutwärme das immer verderblichere Wasser nicht mehr vertragen und starben ab, bevor sie ihr festes Schuppenkleid fertig gebildet hatten.

So erkläre ich mir die seltsame Tatsache, daß neben den zu Millionen in so tadellosem Zustande erhaltenen 15, 20 und 25 cm langen *Paläoniscen*, in deren Kopf sogar die Otolithen noch richtig liegen, nur ganz vereinzelt kleinere

Exemplare erhalten sind. Und als die Konzentration des Wassers an giftigen Metallsalzen durch weitere Verdunstung so stark geworden war, daß auch die ausgewachsenen Paläoniscen absterben mußten, da gab es keine weitere Fischvermehrung in dem weiten, großen See. Wenn uns bekannt wäre, in welcher Zeit ein Paläoniscus bis zu einer Größe von 15 bzw. 25 cm heranwuchs, könnte man ganz genau berechnen, wieviel Jahre der Kupferschiefersee voll Süßwasser war und nach welcher Zeit die Vergiftung seines Wassers begann.

Daß hierbei viele sterbende Fische in gekrümmtem Zustand eingebettet wurden, scheint mir auch heute noch die wahrscheinlichste Erklärung dieser so fremdartigen Lage so vieler Fische. Herr stud. J. Freygang, der seit Jahren die Verteilung der Pflanzenreste, Fische und niederen Tiere im Kupferschiefer sorgfältig untersucht, wird demnächst über diese paläobiologischen Fragen manche interessanten Ergebnisse veröffentlichen.

Wie jetzt auch die letzten Metallverbindungen vom schwarzen Schlamm niedergeschlagen wurden, warum in den tieferen Senken des Beckens, besonders bei Eisleben und Mansfeld, dann bei Richelsdorf, der Erzgehalt größer, an anderen Stellen geringer ist, weshalb die sächsischen und schlesischen Flächen mit erzarmem Schlamm bedeckt wurden — das alles sind Teilerscheinungen, die sich bei der Verdunstung des vorher einheitlichen Seespiegels in kleinere und größere Einzelbecken von zunehmendem, aber wechselndem Metallgehalt auf einfache Weise erklären lassen.

J. Pompeckj hat wahrscheinlich zu machen gesucht, daß die Verhältnisse am Boden des Kupferschiefersees, dessen marinen Charakter er besonders hervorhebt, ähnlich wie die am Schwarzen Meere gewesen seien. Ich habe die Ufer des Schwarzen Meeres bei Varna und auf einer mehrtägigen Küstenfahrt von Batum über Kertsch und Taganrog bis Sebastopol eingehend untersuchen können. An schlammigen Uferstrecken findet sich (wie am Mittelmeer) ein dunkler Schlamm, aber beim Trocknen wird er wie jener grau und hat nicht die geringste Ähnlichkeit mit unserem durch 10—15 % Bitumen schwarzgefärbten permischen Sediment. Vor allem aber ist das Schwarze Meer ziemlich belebt von bodenbewohnenden Conchilien. Nach den Zusammenstellungen von Fischer (die ich auch in meiner „Lebensweise der Meerestiere“, S. 366, angeführt habe) sind 7 Schnecken- und 10 Muschelarten daraus bekannt — ein Vergleich mit dem Kupferschiefer, in dessen Schlamm kaum *Lingula* nachgewiesen ist, läßt sich also auch biologisch nicht durchführen.

Ueber den Kupferschiefer breitet sich endlich der marine Zechstein auf der ganzen Fläche von Nordost- und Mitteldeutschland bis nach Belgien und England aus. Hier haben wir eine Transgression von so weiten Dimensionen und so gleichförmigem Charakter, daß nur die langsame Senkung der weiten Fläche eine befriedigende Erklärung bieten kann.

Wie sich diese Senke des unteren Zechsteins dann im mittleren und oberen Zechstein wieder differenzierte, wie schließlich die Senkung in allen Randgebieten zum Stillstand kam und nur zwischen Kissingen und Segeberg, Limburg und Hohensalza weiterging, so daß sich auf diesem Raum der gesamte Salzgehalt des riesigen Zechsteinmeeresbeckens sammelte und allein auf deutschem Boden die Salzlager ausgeschieden wurden, das gehört nicht in den Rahmen dieser Mitteilungen.

Zusammenfassend aber möchte ich nochmals betonen, daß der Kupferschiefer keine Meeresbildung ist, daß er schon in den mittelrotliegenden Erznieerschiefen von Goldlauter seinen Vorläufer hatte, daß die marinen Fossilien durch die Bildung des Kupferschiefers zum Absterben, die Bewohner der süßen Gewässer des rotliegenden Festlandes aber zur Vermehrung gelangten, und daß alle Eigen-

schaften des merkwürdigen Gesteins sich einfach und leicht erklären lassen, wenn wir es nicht aus seinem natürlichen Schichtenverband herausreißen, sondern als Einschaltung in die erdgeschichtlichen Vorgänge betrachten, die am Schluß der rotliegenden Zeit ein vorher regenreiches Gebiet zur trockenen Wüste und ein mit festländischem roten Verwitterungsschutt bedecktes Land zum Meeresgrund machten.

Ueber das Vorkommen und den Abbau von Wolframit bei Neudorf (Harz)¹⁾.

Von Bergmeister E. Wedekind, Bernburg.

I.

Die wirtschaftlichen Nöte unseres Vaterlandes im Weltkriege haben den seit Jahrzehnten stillliegenden Bergbau im anhaltischen Harze bei Neudorf, wenn auch bisher nur in bescheidenem Umfange, wieder zu Ehren gebracht.

Uralt ist dieser Bergbau; lassen doch alte Urkunden erkennen, daß nachweisbar schon um das Jahr 1100 herum bei Gernrode und später, gegen das Jahr 1300, bei Harzgerode und Neudorf Erze gewonnen worden sind.

Jahrhundertlang ist auf den zahlreichen, zum Teil sehr edles Erz führenden Gängen ein blühender Bergbau umgegangen, der für viele Tausende von Bewohnern im Laufe der Zeiten die einzige Quelle zur Bestreitung des Lebensunterhaltes gewesen ist, denn der Boden, welcher in der Tiefe das blinkende Erz birgt, ist steinig; rauhe, kalte Winde streichen über das Plateau, und nur kümmerlich ist der Ertrag der Landwirtschaft, durchaus unzureichend, um eine größere Anzahl von Menschen zu ernähren.

Wechselvoll ist das Schicksal der Bergwerke gewesen. In den ersten Jahrhunderten ist der Bergbau nur durch Private betrieben worden, doch wurde er durch die anhaltischen Fürsten, die sich auch das Wohl der Bergleute besonders angelegen sein ließen, nach Möglichkeit gefördert, bis durch eine Gründung, wie sie in unserer Zeit auch nicht hätte schlimmer sein können, zu Ende des 17. Jahrhunderts ein völliger Verfall des Bergbaues eintrat. Die Werke waren überschuldet, die Gegend verarmt und die Bergleute hatten, wie ein Zeitgenosse die Zustände schildert, kaum ihre Berghenne, ein Stückchen Brot und einen Schluck Wasser; den Lohn blieb man ihnen meist schuldig.

In dieser Not erbarmten sich die Fürsten ihres schwer heimgesuchten Harzgaues, sie übernahmen nach und nach die Gruben in eigene Verwaltung, und schon um 1750 herum, unter der Regierung des Fürsten Victor Friedrich von Anhalt-Bernburg, gab es im anhaltischen Harz keinen Privaterzbergbau mehr.

Stetigkeit, zielbewußtes, planmäßiges Handeln treten an die Stelle der früheren Wirrnis und Ungewißheit, die wirtschaftlichen Zustände auf dem Harzplateau wurden bessere, und vertrauensvoll konnte der Bergmann wieder in die Zukunft sehen.

Das Jahr 1872 aber, welches in so vieles gewaltig eingriff, hat auch für die anhaltischen Harzbergwerke eine schwerwiegende Veränderung im Gefolge gehabt; der Staat entäußerte sich des gesamten Bergwerks- und Hüttenbesitzes, welcher nun wieder in Privathände überging.

Gründliche und erfahrene Kenner des Harzes haben damals diesen Verkauf bedauert, weil sie, und vielleicht nicht mit Unrecht, annehmen mußten, daß eine Privatgesellschaft, um möglichst schnell zu verdienen, nur die leicht zugänglichen

1) Vortrag, gehalten am 29. Juni 1918 auf der 3. Mitgliederversammlung zu Eisleben; vgl. Metall und Erz 1919, Heft 1, S. 1 ff.