

8. Ueber mechanische Gesteinsumwandlungen bei Hainichen in Sachsen.

Von Herrn ROTHPLETZ in Leipzig.

Hierzu Tafel IX. u. X.

In dem Nachfolgenden soll die Rede sein von Conglomeraten, deren Gerölle zum Theil zerdrückt, verschoben und mit Eindrücken versehen sind, und von krystallinischen Schiefergesteinen, welche dadurch ein breccienartiges Gefüge erhalten haben, dass sie in einzelne grössere und kleinere Stücke zerissen, und diese Stücke verrückt und durcheinander geschoben worden sind.

Es wird sich dabei ergeben, dass diese Eigenthümlichkeiten jener Conglomerate und Schiefergesteine ihre Entstehung den bei der Gebirgsbildung thätigen, mechanisch wirkenden Kräften verdanken, welch' letztere theilweise zugleich die in diesen Gesteinen vor sich gehenden, chemischen Veränderungen beeinflussten oder auch erst hervorriefen.

Wir bezeichnen alle diese Veränderungen demgemäss als mechanische Gesteinsumwandlungen, unter welchen wir nicht bloss Veränderungen in der Härte, Biegsamkeit, Structur u. s. w. der Gesteine, sondern auch solche in der chemischen Zusammensetzung verstehen, sobald diese letzteren wesentlich durch mechanisch wirkende Kräfte hervorgebracht oder eingeleitet sind.

I. Das Culmconglomerat vom Lichtenstein.

Bereits in seinem Lehrbuche der Geognosie, ausführlicher aber in den Erläuterungen zu der geognostischen Karte der Umgegend von Hainichen beschreibt NAUMANN jenes Gestein als Quarzconglomerat und sagt an letzterem Orte (pag. 57) darüber: „Das Gestein verdient seinen Namen mit Recht; denn es ist nur ein aus weissen Quarzgeröllen mit quarzigem Bindemittel bestehendes Conglomerat. Die Quarzgerölle sind meist nuss- bis faustgross, doch auch kleiner und grösser, oft mit einem Anfluge von Eisenoxyd versehen, welches überhaupt

stellenweise das Gestein imprägnirt und eine rothe Färbung veranlasst. Nicht selten finden sich Gerölle mit einem feindrusigen Ueberzuge von Quarz, und andere, welche zerbrochen, aber in ihren Bruchstücken verkittet sind. Das Bindemittel ist feinkörniger und meist fester, bisweilen sandsteinähnlicher Quarz.“ Diese durch Kürze und Klarheit gleicherweise ausgezeichnete Beschreibung bedarf jedoch folgender Berichtigungen und Erweiterungen:

1. Die Gerölle dieses Conglomerates bestehen nicht bloss aus weissem Quarz, sondern auch, und sogar zum grössten Theile, aus einem weissen bis grauen Quarzite, dem sich selten auch Lydit zugesellt. 2. Diese Gerölle sind nicht nur zum Theil zerbrochen und wieder verkittet, sondern theilweise so fest an einander gepresst, dass viele derselben in den benachbarten Eindrücke hervorgebracht haben. 3. Das Bindemittel des Gesteins besteht ausser dem feinkörnigen Quarze auch noch aus kleinen Granit- und Schieferbröckchen, sowie aus gelblichem, mehligem Kaolin, welcher aus der Zersetzung von Feldspathkörnern hervorgegangen ist.

Neben den rein chemischen Veränderungen, als deren Resultate die Ueberzüge von Eisenoxyd und der feindrusige Quarz auf den Geröllen und deren Bruchflächen, sowie die Entstehung des Kaolins gelten müssen, betrachten wir als die in unserem Conglomerate thätigen, mechanischen Umwandlungsprocesse die Zerdrückung und Verschiebung der Gerölle, sowie die Herausbildung der Eindrücke in denselben, und wir finden als deren hauptsächlichste Ursache die bedeutende Dislocation und muldenförmige Zusammenschiebung, welche die Culmschichten erlitten haben. Zur Orientirung in Bezug auf diesen letzteren Punkt mögen folgende Angaben über die Architectur des Hainicher Culmbeckens dienen, betreffs deren im Uebrigen auf die demnächst erscheinenden Sectionen Frankenberg und Langhennersdorf der geologischen Karte von Sachsen verwiesen werden muss.

Die Culmformation bildet in der Umgebung von Hainichen eine ungefähr 12 Kilom. lange und gegen 2 Kilom. breite Mulde, deren Längserstreckung von SW. nach NO. streicht. Im NW. wird dieselbe von den archaischen Schiefen des Granulitgebirges begrenzt und unterteuft, im SO. von Glimmerschiefen und Gneissen, welche zwischen dem Erzgebirge und dem Mittelgebirge ein stark gewundenes, von SW. nach NO. streichendes Faltenystem bilden (Taf. IX. Fig. 1.). Der nordwestliche Muldenrand des Culmes fällt durchschnittlich unter einem Winkel von 30 Graden in südöstlicher Richtung ein, während sein Streichen ein sehr schwankendes ist, indem die Randschichten seitlich mehrfach zu kleinen, zur Hauptmulde recht-

winklig streichenden Nebenmulden zusammengestaut sind. Der südöstliche Muldenrand hingegen ist sehr constant im Streichen und fällt unter 60 bis 70 und mehr Graden nach NW. ein. Das nordöstliche Muldenende ist nun aber durch einen von NO. her gleichsam in den Culm hereingeschobenen Keil von Silur zweigetheilt, so dass vom Dorfe Gossberg ab das eine Ende 3 Kilom. weit nach NO., das andere 2 Kilom. weit nach O. streicht. In diesem letzteren Muldenende sind jedoch alle Schichten ganz oder beinahe ganz saiger gestellt, und es haben somit die Schichten des Hainichener Culmbeckens hier die grösste Aufrichtung und Zusammenpressung erfahren. Das eigenthümliche Quarzitconglomerat vom Lichtenstein ist aber lediglich auf diesen Theil der Culmmulde beschränkt. Es gehört dem nördlichen Rande derselben an und findet sich ausser am Lichtensteine selbst, dessen malerische Felspartieen es bildet, nur noch zwischen Mobendorf und Gossberg in einem Steinbruche aufgeschlossen.

Die Druckerscheinungen, welche dieses Conglomerat besonders häufig da, wo das Bindemittel sehr zurücktritt, also Gerölle dicht an Gerölle liegt, zeigt, sind folgende:

1. Die Gerölle sind durch annähernd geradflächige, und wenn mehrere vorhanden sind, ziemlich unter einander parallele Klüfte zertheilt, und die einzelnen Theile eine Strecke weit an einander vorbei geschoben, in welchem Zustande sie dann wieder verkittet und so erhalten geblieben sind. Die Bewegung der einzelnen Theile war meist nur eine gleitende, d. h. ihre Richtung fiel in die Kluftebene, und nicht selten hat das Gerölle alsdann eine treppenförmige Gestalt bekommen, indem das eine Ende desselben am weitesten, jeder dem anderen Ende näher liegende Theil aber weniger weit in derselben Richtung fortbewegt worden ist. Zuweilen trat zu der gleitenden auch noch eine drehende (Taf. X. Fig. 7), oder aber eine die einzelnen Gerölltheile von einander trennende Kraft hinzu. Die letztere hat sich jedoch meist nur einseitig geäussert, so dass die entstandenen Zwischenräume zwischen den einzelnen auseinander geschobenen Theilen der Gerölle eine keilförmige Gestalt erhalten haben. In die Zwischenräume wurden kleinere Gerölle und Bindemittel gepresst, und durch die nachträgliche Verfestigung dieser kommt es, dass wir Gerölle in solchem Erhaltungszustande mitten im festesten Gestein antreffen.

2. Die Gerölle sind durch die benachbarten, daran anliegenden Gerölle zerdrückt worden. Die zerdrückten Gerölle sind von zahlreichen, zum Theil klaffenden Sprüngen durchzogen, welche von den Ansatzstellen der Nachbargerölle ausgehen und bald das Gerölle ganz durchschneiden, bald auch sich auskeilen und in Trümer zerschlagen. Nicht selten zeigen

sie einen von den Ansatzstellen ausgehenden, radialförmigen Verlauf. Die Ansatzstellen selbst sind dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebungen, welche die einzelnen durch die Spalten begrenzten Theile des Gerölles erlitten haben, von ihnen ausgehen, so dass das zerdrückte Gerölle gewissermaassen als zwischen denselben herausgesprengt erscheint. Die Ansatzstellen sind demgemäss auch meist durch eine kleine Vertiefung auf den Geröllen markirt. Diese Vertiefungen haben zum Theil eine rauhe, unebene Oberfläche, zum Theil geben sie auch ganz genau den Abdruck den eingedrückten Gerölles wieder und zeichnen sich dann durch mehr oder minder vollständige Glätte aus. Eindrücke der letzteren Art finden sich nur auf Geröllen von Quarzit, niemals aber auf solchen von Quarz.

3. Auf Quarzitgeröllen kommen auch Eindrücke ohne damit verbundene Zerdrückung des Gerölles vor. Sie sind dann aber immer im Verhältniss zur Oberfläche des betreffenden Gerölles sehr klein, indem nur Gerölle von verhältnissmässig sehr geringen Dimensionen oder Sandkörner dieselben erzeugt haben. Ein Gerölle mit solchen Eindrücken, vom Gesteine losgelöst, sieht wie gespickt mit kleinen Geröllen und Quarzkörnern aus, weil letztere am Gerölle fester haften als am Gesteine, dem sie entnommen sind.

Wenn es sich nun um eine Erklärung dieser Eigenthümlichkeiten handelt, so ist es vorab nothwendig, in Kürze einen Blick auf die Erscheinungen gleicher Art zu werfen, soweit dieselben aus anderen Gegenden bekannt geworden sind, um so die Erscheinung in ihrer Allgemeinheit, befreit von der Beschränktheit localer Entwicklung, vor uns zu haben. Wir werden jedoch hierbei auf das Vorkommen nur einfach zerbrochener Gerölle in Conglomeraten nicht weiter eingehen. Es sind dies Druckerscheinungen der einfachsten Art, deren Entstehung an sich klar, und deren Verbreitung jedenfalls sehr allgemein ist. Gleichwohl scheint der eingehenden Untersuchung auch dieser Fälle noch die Auffindung mancher interessanten Vorgänge vorbehalten zu sein. Hofrath v. HAUER, mit der Untersuchung der zerdrückten Rollstücke von Pitten beschäftigt, hat, wie ich dessen gütiger mündlicher Mittheilung verdanke, gefunden, dass, wenigstens bei den Kalkgeröllen, der chemischen Auflösung keine geringe Rolle bei der stattgehabten Zerdrückung zugefallen ist.

Die zerborstenen und zerdrückten Gerölle hingegen, welche sich, und wie es scheint sehr häufig, im Diluvium Norddeutschlands, Dänemarks und wohl auch anderwärts finden, sind einer ganz anderen Classe von Erscheinungen zuzurechnen, sei es nun, dass man sie zum Theil als zur Zeit jener Lehmbildung

durch Gletscherdruck entstanden ansehen, sei es, dass man einen Theil davon, namentlich die geborstenen, durch ein nachträgliches Wiederaufquellen ihres früher erhärteten Thongehalts erklären will.¹⁾

Conglomerate mit Geröllen, welche Eindrücke durch benachbarte Gerölle erhalten haben, sind bis jetzt aus folgenden Formationen bekannt geworden:

Aus dem Carbon in Schlesien, bei Aachen, im oberen Rhonethal und in Asturien.

Aus dem Buntsandstein bei Frankenberg in Kurhessen, bei Gebweiler im Elsass und von der Sierra de Espadan in Valencia.

Aus der Nagelfluh der Alpen, von Marseille an bis Steiermark.

Aus diesen Vorkommnissen ergibt sich nun ganz im Allgemeinen für unsere Erscheinungen:

1. Als Gerölle mit Eindrücken kommen vor: Quarz, Quarzit, Kalkstein, Dolomit, Sandstein, Granit, Syenit, Diorit, Porphyrit, Gneiss, Glimmerschiefer, Aphanit und Serpentin. Quarzgerölle mit glatten Eindrücken scheinen jedoch nicht vorzukommen; wo sie dennoch erwähnt werden, liegt wahrscheinlich eine Verwechslung mit Quarzit vor. Porphyritgerölle mit Eindrücken werden in der Literatur zwar nicht erwähnt, es befindet sich aber ein solches unter den aus der Nagelfluh von St. Gallen stammenden Geröllen in der Sammlung des Züricher Polytechnicums, deren Einsicht ich der Güte des Herrn Prof. HEIM verdanke.

2. Mit den Eindrücken gehen stets auch Zerdrückung und Verschiebung der Gerölle Hand in Hand. Nur Gerölle von Kalkstein, Dolomit und kalkigem Sandstein weisen häufig Eindrücke auch ohne Zerdrückungen auf.

3. Zerdrückte und mit Eindrücken behaftete Gerölle kommen nur in solchen Gesteinsschichten vor, die bedeutenden Dislocationen, d. h. Faltungen oder Hebungen, ausgesetzt waren. Gerölle nur mit Eindrücken finden sich hingegen bloss in Schichten, deren Dislocationen nicht so bedeutend waren.

4. Die Gerölle mit Eindrücken und Zerdrückungen tragen noch die Spuren von Bewegungen an sich, denen sie bei Entstehung dieser Eigenthümlichkeiten unterworfen waren. Bei harten Geröllen, wie denjenigen von Quarziten, bestehen diese

¹⁾ LASPEYRES, Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1869. pag. 465–469., Ueber Geschiebe mit geborstener Oberfläche; pag. 697, briefl. Mitth.; 1870. pag. 758–760, briefl. Mitth. — L. MEYN, ib. 1871. pag. 399 bis 411: Ueber geborstene und zerbrochene Geschiebe.

Spuren nur in dem Vershobensein der einzelnen Theile der Gerölle, bei den weicheren aber, hauptsächlich denjenigen von Kalkstein, kommen noch die Rutschstreifen hinzu, welche häufig genug sowohl die sonst unversehrte Oberfläche der Gerölle als auch diejenige der Eindrücke und Bruchflächen bedecken und so genau den Verlauf der stattgehabten Bewegungen bezeichnen. Ihre Richtung fällt mit derjenigen der Falllinie der betreffenden Gesteinsschichten in der Hauptsache zusammen und beweist dadurch ihre Abhängigkeit von der Aufrichtung der Schichten. Verursacht wurden die Rutschstreifen theils durch die einzelnen fortbewegten Bruchstücke der Gerölle, theils durch die benachbarten Gerölle, welche eine Strecke weit an den anderen sich vorbei bewegten. Geröllen mit Eindrücken, welche keine Zerdrückungen zeigen, fehlen auch die Rutschstreifen.

5. Je nach den verschiedenen Gesteinsarten, aus welchen die Gerölle bestehen, sind auch die Eindrücke auf den letzteren von verschiedener Beschaffenheit. Die grösste Schärfe und Tiefe zeigen im Allgemeinen diejenigen auf Kalkstein —, die geringste diejenigen auf Quarzitgeröllen.

6. Wenn schon sich die eine Erscheinung etwas vor den anderen im einzelnen Falle entwickelt haben mag, so sind Zerdrückungen, Verschiebungen und Eindrücke doch insofern gleichalterig, als ihre Entstehung von ein und derselben Ursache bedingt ist.

Diese hier in ihrer Gesamtheit dargestellten Erscheinungen waren der Gegenstand vielfacher Erklärungsversuche, die sich jedoch alle durch eine gewisse Einseitigkeit auszeichnen. In Folge dessen, dass niemals eine für alle Fälle genügende Erklärung zu geben versucht wurde oder gelungen ist, konnte noch 1878 A. HEIM¹⁾ von den „immer noch räthselhaften Gerölleindrücken“ sprechen.

Der erste, welcher auf Gerölle mit Eindrücken aufmerksam machte, war LORTET²⁾. Er beschrieb 1835 solche aus der Nagelfluh am Genfersee, und es schien ihm, „dass alle diese Rollstücke lange Zeit hiedurch gleichsam in einem Bade von kohlensaurem Kalke befindlich gewesen, der durch überschüssige Kohlensäure im aufgelösten Zustande erhalten wurde.“ Die Kohlensäure habe dann auflösend oder aber bis zu einer gewissen Tiefe erweichend auf das Gerölle eingewirkt. Vielleicht habe auch „eine galvanische Action an den Contactpunkten von Rollstücken verschiedener Natur die besondere

¹⁾ A. HEIM, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung 1878 II. pag. 26 ff.

²⁾ P. LORTET, Brief vom 11. November 1835, N. Jahrbuch 1836 pag. 196.

Thätigkeit der Auflösung dieser oder jener Stelle zugeführt.“ Wir sehen hier also einen rein chemischen Erklärungsversuch, allerdings auch nur für Kalkgeschiebe, der mit nur geringen Erweiterungen von demselben Autor 1851 für ein ähnliches Vorkommen bei Lyon wiederholt wurde¹⁾.

KÖCHLIN-SCHLUMBERGER²⁾ dehnte 1854 diese Deutung auch auf die Quarzgerölle bei Gebweiler aus, indem er annahm, „qu'il y avait eu forte pression et dissolution du quartz à la fois“. Der Druck dient ihm indessen nur als ein Mittel, den Quarz löslich zu machen, indem die Gerölle durch Schrammung an der Oberfläche sich ein wenig pulverisirt und so den Quarz in fein vertheiltem Zustande leichter löslich gemacht haben sollen.

DAUBRÉE³⁾ endlich suchte 1857 durch Experimente nachzuweisen, dass weder Erweichung noch Druck als Ursache der Eindrücke gelten können, sondern lediglich chemische Auflösung sowohl bei den Kalk- als bei den Quarzitzeröllen. Nachdem es ihm wirklich geglückt war, lediglich durch Einwirkung einer sehr schwachen Säure auf Kugeln von Kalkstein, welche lose aufeinander gelegt wurden, Eindrücke zu erzeugen, glaubte er die Schwierigkeit, welche Quarzkugeln derartigen Operationen entgegensetzen müssen, dadurch zu beseitigen, dass er sagt: „une action semblable peut être produite sur des sphères d'agate par de l'acide hydrofluorique“. Da die mit den Eindrücken in Verbindung stehenden Zerdrückungen der Gerölle aber als Beweise eines gleichzeitig wirkenden, energischen Druckes angesehen werden könnten, so suchte er dieser Auffassung durch die Behauptung entgegen zu treten, dass „si les galets à impressions sont fréquemment écrasés, on doit bien plutôt attribuer cette circonstance aux porte-à-faux et aux tassements qui ont dû suivre les dissolutions dont nous venons de parler“. Die Frage nach den in der Natur wirklich wirkenden, auflösenden Substanzen lässt er zwar unbeantwortet, fügt aber hinzu: „je me bornerai à remarquer qu'on trouve partout dans ces poudingues des preuves de dissolution; dans les poudingues calcaires on rencontre fréquemment de la chaux

¹⁾ P. LORTET, Annales de la soc. nat. d'agric., d'hist. nat. et des arts utiles de Lyon 1851. Auszug davon in NOEGGERATH, cfr. Note 2 auf Seite 363. (Dem Verfasser nicht zugänglich.)

²⁾ KÖCHLIN-SCHLUMBERGER, 12. November 1854, Sur les caillaux impressionnés, Bull. de la soc. géol. de France 1854—1855 XII. 2^{er} sér. pag. 87—88.

³⁾ DAUBRÉE, Expériences démontrant la cause de la pénétration mutuelle des galets calcaires au quartzueux dans les poudingues de divers terrains. Comptes rendus hebdom. des séances de l'acad. des sciences t. 44. 1857.

carbonatée cristallisée; dans les poudingues siliceux des cristaux de quartz“.

Neben dieser rein chemischen entwickelten sich gleichzeitig noch andere Auffassungen, welche zwar alle davon ausgingen, dass dem Druck hauptsächlich die fraglichen Erscheinungen zuzuschreiben seien, die aber in der Art und Weise, wie derselbe gewirkt haben sollte, zum Theil sehr wesentlich aus einander gingen.

Nachdem FOURNET schon 1836 durch Hitze — Einwirkung des Feuers auf die Nagelfluh — die Sache erklären wollte, war es 1840 BLUM¹⁾, der zum ersten Male eine rein mechanische Auffassung — und zwar für die St. Galler Nagelfluh vertrat. Freilich ging er dabei von einer höchst phantastischen Entstehung der Nagelfluh überhaupt aus — sie sollte aus Felsmassen bestehen, die bei ihrem Emporsteigen zur Zeit der Entstehung der Alpen zertrümmert wurden, wobei die Trümmer sich aneinander rieben und so abgerundete Gestalt bekamen. Diese abgerundeten Trümmer oder Gerölle sollten sich dann bei fortgesetzter Bewegung gegenseitig sowohl Rutschstreifen als auch Eindrücke beigebracht haben. ESCHER VON DER LINTH²⁾ zeigte jedoch bereits 1841, dass BLUM in der Genesis der Nagelfluh irre, dass Nagelfluh und Molasse Meeres- und Seebildungen und die Eindrücke auf den Geröllen erst nach der Ablagerung der Schichten entstanden seien. Ueber die Art und Weise dieser Entstehung gab er aber keinen Aufschluss.

Neues Licht kam in diese Sache 1849 durch PAILLETTE³⁾, welcher in Asturien carbonische Quarzgerölle mit Eindrücken gefunden hatte. Er nahm an, dass die zerdrückten Gerölle erst mit kohlen-saurem Kali, welches aus der Zersetzung der Feldspathe hervorgegangen sei, bei erhöhter Temperatur getränkt und dann im erweichten Zustande zerdrückt worden seien, während die weniger tiefen und oberflächlich rauhen Eindrücke durch eine zitternde Bewegung hervorgebracht sein sollten, die als Folge von Gebirgshebungen zu einer Zeit stattfand, als das Conglomerat noch nicht durch ein kieseliges Bindemittel verfestigt war. FAVRE⁴⁾ hielt es hingegen für ausreichend und am natürlichsten bei Erklärung der Eindrücke von einer Erweichung der Gerölle durch die Gesteinsfeuchtig-

1) R. BLUM, Ueber einige geologische Erscheinungen in der Nagelfluh, N. Jahrb. 1840. pag. 525—531.

2) ESCHER VON DER LINTH, Brief vom 23. Februar 1841, N. Jahrb. 1841. pag. 450—452.

3) AD. PAILLETTE, Bull. de la soc. géol. de France, tome VII. 2^{er} sér. 1849—1850. pag. 30.

4) FAVRE, *ibid.* pag. 44.

keit und von einem durch die darüber liegenden Schichten ausgeübten Drucke auszugehen, welcher ANSDER¹⁾ insofern beitrug, als er die Eindrücke „als Beweise eines anhaltend starken Druckes“ erklärte, „unter welchem die Gerölle vom Wasser durchdrungen und erweicht worden sein mögen“.

1853 gab dann NÖGGERATH²⁾ einen Ueberblick über die bis dahin versuchten, verschiedenen Erklärungen und kam zu dem Schlusse: „Aus dieser Zusammenstellung der sie begleitenden Kritik ergibt sich, dass wir noch weit entfernt sind, die besprochenen Eindrücke in den Geschieben der Conglomerate ausreichend erklären zu können. Bei allen an die Natur gerichteten Fragen scheint sie mit Negativem geantwortet zu haben. Wir wissen noch nicht einmal, ob wir zur Erklärung dieser Erscheinung chemische oder mechanische Wirksamkeiten, oder beide combinatorisch in Anspruch nehmen sollen, obgleich die Forschungen und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen sich sehr auf die Seite einer vorzüglich mechanischen Thätigkeit neigen dürften, deren Art sich indess zur Zeit noch gar nicht einsehen lässt.“

Ebenfalls 1853, aber wie es scheint ganz unabhängig von NÖGGERATH's Arbeit, erschien von DEICKE³⁾ eine Abhandlung über die Eindrücke in den Geschieben der Molasseformation der östlichen Schweiz, worin er hauptsächlich die daselbst entwickelten Rutschstreifen und Aehnliches hervorhebt und zu dem Resultate kommt, dass ausser dem Drucke „zugleich eine Bewegung stattgefunden haben muss“, welche durch die Hebung der Alpen veranlasst worden sei. Dass Druck und Bewegung sich gegenseitig bedingen, daran scheint DEICKE damals noch nicht gedacht zu haben.

Nachdem auch v. DECHEN⁴⁾ 1855 sehr grossen Druck als einzige Erklärung ähnlicher Erscheinungen aus der Ostschweiz angenommen hatte, veröffentlichte BISCHOF⁵⁾ in demselben Jahre seine einschläglichen Versuche, wonach das ganze Phänomen ein rein mechanisches sei, indem Quarz auf Marmor gelegt und belastet in letzterem, ohne Zusatz von Wasser und

¹⁾ B. STUDER, Geologie der Schweiz II. 1853. pag. 356.

²⁾ J. NÖGGERATH, Die Gerölle oder Geschiebe mit Eindrücken von solchen in Conglomeraten, Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanst. 1853 pag. 667—680.

³⁾ J. D. DEICKE, Ueber die Eindrücke in den Geschieben der Molasse-Formation der östlichen Schweiz, N. Jahrb. 1853. pag. 797—801.

⁴⁾ F. ROEMER und v. DECHEN, Verhandl. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinl. u. Westf., N. Folge, II. Jahrg. Bonn 1855, pag. 12—13, Sitzungsbericht.

⁵⁾ G. BISCHOF, Verh. d. naturh. Vereins d. Rheinl. u. Westf., N. Folge II. Jahrg. 1855. pag. 61.

Säure, Eindrücke hervorgebracht habe. Allerdings aber befördere die Gegenwart von Wasser oder auch Säure die Entstehung von Eindrücken. Wir haben jedoch gesehen, dass 2 Jahre später, wahrscheinlich ohne Kenntniss dieser BISCHOF'schen Versuche, DAUBRÉE auf experimentellem Wege gerade zu den entgegengesetzten Resultaten kam.

1858 corrigirte FOURNET¹⁾ seine 1836 geäußerte Ansicht und bekannte sich zu derjenigen FAVRE's, während 1859 v. COTTA²⁾ sich betreffs der Nagelfluhgerölle von St. Gallen gegen DAUBRÉE's Auffassung erklärte und die Erklärung in mechanischem Drucke finden wollte. 1860 kam GURLT³⁾ zu einer ganz neuen Auffassung, indem er beide Erscheinungen — Eindrücke und Zerdrückung — zwar auf die Einwirkung einer gewaltigen, bisher aber noch nicht genügend erklärten mechanischen Kraft zurückführte, solche aber in der Bewegung der langsam fließenden, zähen Schlammgletscher (Mure) finden wollte. Seine mitgetheilten Beobachtungen mögen vielleicht für die geborstenen und zerdrückten Geschiebe des norddeutschen Diluviums von Bedeutung sein, haben aber mit den Eindrücken in unseren Conglomeraten nichts zu thun, da diese zweifelsohne nach Ablagerung der betreffenden Gesteinsschichten entstanden sind, und die Entstehung der devonischen Gesteine Schottlands, der carbonischen Schichten Sachsens, Schlesiens, der Rheinlande u. s. w. nicht, wie GURLT will, von Schlammuren abgeleitet werden kann.

1863 endlich erschien von SORBY⁴⁾ eine mikroskopische Untersuchung der Kalkgerölle von St. Gallen, durch welche der Nachweis zu führen gesucht wird, dass die Eindrücke nicht durch mechanisch aushöhlende Thätigkeit, sondern durch chemische Lösung entstanden sind, dass aber diese Lösung mehr oder weniger von dem auf die Gerölle ausgeübten Drucke abhängig war, und dass die durch schwache Säuren nicht angreifbare bituminöse, schwarze Substanz der Kalksteine als ein dünner Besteg die Eindrücke auskleidet, als einziger Ueberrest der ausgehöhlten Kalksteinsubstanz. Der mechanische Druck erhöhe die Löslichkeit der Salze überhaupt und so auch die des Kalksteins und bedinge dadurch die Eindrücke. Es ist somit als das Verdienst SORBY's anzusehen, dass derselbe zum ersten Male bei Erklärung der Eindrücke der chemischen und mechanischen Wechselwirkungen gedachte.

1) FOURNET, Bull. de la soc. géol. de France XVI. 2^{er} sér. 1858 bis 1859. pag. 1103.

2) B. v. COTTA, Berg- und hüttenmänn. Zeitung 1859. pag. 348.

3) AD. GURLT, Verh. der niederrhein. Ges. 1860. pag. 45—49.

4) H. C. SORBY, Ueber Kalksteingeschiebe mit Eindrücken, N. Jahrb. 1863. pag. 801—807.

Bald darauf, 1864, folgte eine Arbeit von DEICKE¹⁾, in welcher ähnliche Anschauungen zur Sprache kommen, ohne dass DEICKE SORBY's Abhandlung gekannt zu haben scheint. Er sagt darin über die Entstehung der Eindrücke: „Wasser mit Kohlensäure geschwängert, löst kohlen-sauren Kalk in der gedrückten Stelle auf, führt denselben fort und setzt ihn in Berührung mit Luft wieder ab. Dieser chemische Process wird durch mechanischen Druck bedeutend gefördert, und der mechanische Druck ist auch noch für sich selbst bei diesem Process thätig.“ Wir sehen, dass SORBY die Nothwendigkeit eines mechanischen Druckes bei Erzeugung der Eindrücke deutlicher als DEICKE hervorgehoben hat.

Ueberblicken wir nochmals sämtliche Versuche, welche zur Erklärung unserer Eindrücke gemacht wurden, so ergibt sich, dass ein Theil derselben von nicht nur unerwiesenen, sondern geradezu unmöglichen Annahmen, als der Einwirkung durch Feuer oder der Erweichung der Gerölle, sei es durch die einfache Gesteinsthätigkeit, sei es durch sonstige chemische Vorgänge, ausgeht. Die rein chemische und die mechanisch-chemische Erklärung lässt aber die Entstehung der Eindrücke in Quarzitgeröllen unaufgeklärt. Zwar hat man an die auflösende Wirkung der Fluorwasserstoffsäure und der Kalilauge erinnert, ja DEICKE¹⁾ sagt sogar kurz hin, dass „Wasser, wie bekannt ist, auch Kieselsäure auflöst“, aber es braucht wohl kaum erst erwähnt zu werden, dass die einstmalige Gegenwart von Fluorwasserstoffsäure gar nicht und die von Kalilauge kaum in den vielen Gesteinen, welche Quarzitgerölle mit Eindrücken zeigen, erweislich ist, dass ferner die auflösende Wirkung der Kalilauge auf Quarz im ungepulverten Zustande und bei gewöhnlicher Temperatur zweifelhaft genug ist. Ueberhaupt scheint, einige Pseudomorphosen nach Quarz, deren Vorkommen etwas sehr Exceptionelles an sich trägt, ausgenommen, in der Natur Auflösung von Quarz zu den grössten Seltenheiten zu gehören.

Unter Berücksichtigung der weiter oben zusammengestellten Erscheinungsweisen der Gerölle mit Eindrücken ergibt sich nun für uns folgende allgemeine Deutung ihrer Entstehung:

Die Conglomerate, in denen Gerölle mit Eindrücken vorkommen, sind Dislocationen unterworfen gewesen, welche entweder in einfacher Aufrichtung oder zusammengesetzterer Faltenbildung bestanden haben. Die Druckkräfte, welche hierbei auf

¹⁾ J. D. DEICKE, Ueber Eindrücke in den Geschieben der Nagelflue und den Gesteinen der Quartärformation zwischen den Alpen der Ostschweiz und dem Juragebirge im Grossherzogthum Baden, N. Jahrb. 1864. pag. 315 325.

die Gesteinsschichten einwirkten, pflanzten sich natürlich auf die das Gestein constituirenden einzelnen Theile, hier auf die Gerölle, fort. Die Wirkungen derselben waren in Bezug auf die einzelnen Gesteinstheile in den Conglomeraten um so intensiver, als die Fortpflanzung nicht eine allseitige sein konnte, sondern nur auf die Berührungspunkte der im allgemeinen ellipsoidischen Gerölle beschränkt war. Die neben den mechanischen nach wie vor andauernden chemischen Einwirkungen, welche hauptsächlich durch die im Gesteine circulirenden Wasser bedingt sind, wurden aber an den Fortpflanzungsstellen der Druckkräfte, d. h. an den Berührungspunkten der Gerölle, durch letztere modificirt und verstärkt. So entstanden als Folgen theils rein mechanischer, theils mechanisch-chemischer Vorgänge:

1. Verschiebung der einzelnen Gerölle;
2. Zerdrückung derselben;
3. Verschiebung der einzelnen aus der Zerdrückung hervorgegangenen Geröllbruchstücke;
4. plastische Umformung der Gerölle an ihren Berührungspunkten;
5. beschleunigte chemische Auflösung der Gerölle oder gewisser Bestandtheile derselben an den Berührungspunkten.

Je nach der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der betreffenden Conglomerate sind natürlich diese Vorgänge wesentlich modificirt und combinirt, oder es fehlen auch einige derselben ganz.

1. Verschiebung der einzelnen Gerölle wird überall da statthaben, wo local wirkende Druckkräfte vorhanden sind, die zwar die Cohäsionskraft des Gesteines, nicht aber die der einzelnen Gerölle selbst übersteigen. Die Möglichkeit des Vorhandenseins solcher Kräfte in ihre horizontale Lagerung ändernden, besonders aber in sich faltenden Schichten ist an sich klar.

2. Zerdrückung der Gerölle wird da eintreten, wo die Druckkräfte die Cohäsion des die Gerölle bildenden Gesteines übersteigen. Das Gerölle muss zuerst da zerreißen, wo es die geringste Cohäsion hat, d. h. wo bereits Zerklüftung oder Schieferung den Weg vorgezeichnet haben.

3. Die Verschiebung der einzelnen aus der Zerdrückung hervorgegangenen Geröllbruchstücke ist nur die Folge der fortgesetzten Wirkung jener die Zerdrückung verursachenden Kräfte. Hierbei muss sich aber naturgemäss bei Geröllern, welche in genügend kleine Stücke zerdrückt worden sind, noch eine durch die Form der Gerölle bedingte An-

ordnung der verschobenen Stücke herausbilden. Jedes Gerölle wird von einer bestimmten Anzahl anderer Gerölle unmittelbar umgeben und hat also eine ebenso grosse Anzahl von Fortpflanzungsstellen für die im Gestein wirkenden mechanischen Kräfte. Wird ein solches Gerölle nun zerdrückt, so werden die von jenen Fortpflanzungsstellen gegen das Centrum gerichteten Druckkräfte eine seitliche Ausweichung der einzelnen Bruchstücke zwischen den Ansatzstellen der benachbarten Gerölle zur Folge haben müssen. Das zerdrückte Gerölle wird also seine ursprüngliche Ausdehnung da, wo es von anderen Geröllen nicht unmittelbar berührt wird, vergrössern, hingegen an den Ansatzstellen jener um einen entsprechenden Theil verkleinern. Die Volumeneinbusse an den Contactstellen steht mit der übrigen Volumenausdehnung in einem einfachen causalen Zusammenhange. Mit der Volumeneinbusse an den Contactstellen wird aber zugleich ein Näherrücken der benachbarten Gerölle gegen das Centrum, d. h. ein Eindringen in das zerdrückte Gerölle und damit auch eine Vergrösserung der Berührungsflächen erzielt. Die an den letzteren liegenden Theile des zerdrückten Gerölles machen natürlich die nach dem Centrum gerichtete Bewegung der fremden Gerölle mit, von welcher jedoch die an dem peripherischen Theile der Berührungsstellen liegenden Partien am spätesten erfasst wurden. Die Folge davon ist aber, dass aus der ursprünglich convexen Oberfläche des zerdrückten Gerölles an den Contactstellen mit der Zeit eine concave werden muss, die allerdings entsprechend ihrer Entstehung rauh, uneben und von diesen durchzogen sein wird, aber doch bereits eine Art von Abdruck des eindringenden Gerölles darstellt. Je mehr sich derartige Eindrücke vertiefen, um so grösser werden die Fortpflanzungsflächen der im Gesteine thätigen Druckkraft, und um so weniger intensiv wird des letzteren Wirkung auf die Gerölle sein können, so dass zuletzt ein Zustand eintreten muss, indem die Druckkraft nicht mehr die Cohäsion der Gerölle und des Conglomerates überwinden kann.

4. Plastische Umformung der Gerölle an ihren Berührungsstellen tritt ein, sobald die Gerölle einen gewissen Grad von Ductilität besitzen, und der ausgeübte Druck stark genug ist, die Stabilität der Gesteintheilchen zu überwinden, und wiederum nicht so stark ist, um die Cohäsion der letzteren ganz aufzuheben. Wir wissen, dass allen Gesteinen ein gewisser Grad von Ductilität eigen ist. Derselbe wird aber offenbar dadurch vergrössert, dass eine Aenderung der chemischen Constitution im Gesteine vor sich geht. Nehmen wir z. B. einen Sandstein mit kalkigem Bindemittel an, so wird ein darauf ausgeübter Druck zwar die einzelnen Kalktheilchen und

Sandkörner um ein Geringes verschieben können, ohne dass die Anziehung, welche dieselben auf einander ausüben, dadurch aufgehoben wird, d. h. ohne dass ein Bruch entsteht, aber der Grösse dieser Verschiebung ist eine Grenze gesetzt, sobald dieselbe überschritten wird, tritt Bruch ein. Fortgesetzte rein mechanische Einwirkung von Druckkräften kann also zwar eine Reihe von verschiedenen Gleichgewichtslagen in einem Gesteine erzeugen, aber endlich ist das äusserste erreicht. Geht jedoch mit der mechanischen Veränderung gleichzeitig eine chemische Hand in Hand, so kann diese äusserste Grenze der Plasticität bedeutend hinausgeschoben werden, indem die chemischen Veränderungen und Neubildungen im Gesteine stets eine der jeweiligen Gleichgewichtslage der einzelnen Theilchen völlig entsprechende Anordnung der Neubildungen hervorrufen, für welche also die plastische Umformung, mag sie in dem Gesteine vorher auch noch so lange thätig gewesen sein, erst beginnt. In unserem kalkigen Sandsteine wird demgemäss durch allmähliche Auflösung des kalkigen Bindemittels die plastische Verschiebungsfähigkeit der Sandkörner wesentlich erhöht, so dass tiefe Eindrücke in dem Sandsteine entstehen können, wobei das kalkige Bindemittel in Lösung geht, die Sandkörner aber zusammen gepresst werden und nur einen Theil des gelösten Kalkes als Bindemittel wieder erhalten. Wir werden weiterhin sehen, dass derartige chemische Veränderungen unter Umständen die wesentlichen Folgen mechanischer Druckeinwirkungen sind. Wenn also HEIM ¹⁾ zu dem Resultat kommt, dass die Gesteinsumformung im Gebirge „ein rein mechanischer Vorgang ist und sich bald auf die Verschiebung der schon vorgebildeten Gesteinskörner, bald auf diejenige durch neue Abtrennungen umgrenzter Körner und Lamellen, bald durch Verschiebung der kleinsten mechanischen Einheiten, der Molecüle, gründet“, so ist dem noch die chemische Veränderung der einzelnen Gesteinskörner und -Lamellen hinzuzufügen, als eine von dem mechanischen Vorgange zum Theil abhängige, die mechanische Umformung aber wesentlich unterstützende Erscheinung. In Gesteinen, welche chemische Veränderungen leicht erfahren können, wie Kalkstein, Dolomit u. s. w., wird demgemäss das plastische Umformungsvermögen viel grösser sein, als in anderen, wie Quarziten und Graniten.

Gerölle, die an den Berührungsstellen mit anderen Geröllen eine plastische Umformung erlitten haben, werden also ebenfalls wie bei der einfachen Zerdrückung Eindrücke erhalten; dieselben zeigen aber eine glatte Oberfläche, welche genau den Abdruck des eingedrückten Gerölles wiedergiebt.

¹⁾ a. a. O. pag. 80.

5. Die beschleunigte chemische Auflösung der Gerölle oder gewisser Bestandtheile derselben an den Berührungsstellen wird hauptsächlich durch zwei Umstände bedingt. Erstens werden die das Gestein durchdringenden und allerhand Stoffe in Lösung mit sich führenden Wasser, welche natürlich auf die ganze Oberfläche der Gerölle einwirken, an den Berührungsstellen der letzteren in Folge der daselbst vorhandenen und jede Flüssigkeit ansaugenden Capillarkräfte eine beständig thätige, auflösende Einwirkung ausüben, und zweitens wird die Substanz der Gerölle selbst in Folge des auf sie ausgeübten, starken Druckes leichter löslich.

Zwar erzeugen Gerölle durch einfache Juxtaposition ohne Druck ebenfalls Capillarkräfte an ihren Berührungsflächen, aber um tiefe Eindrücke zu erzeugen, ist wenigstens so viel Druck nöthig, damit die Gerölle, welche durch die stattfindende Auflösung ihrer Substanz an den Berührungsflächen von einander getrennt werden, immer wieder an einander gepresst werden. Für die in der Natur beobachteten Vorkommnisse reicht aber der einfache Druck, welchen die hangenden Schichten in Folge ihrer Schwere ausüben können, nicht aus; denn in diesem Falle wären nur Eindrücke oben und unten, nicht aber auch zugleich seitlich an den Geröllen zu erwarten, wie dies ganz gewöhnlich statthat.

Die grössere Löslichkeit, welche die Substanzen unter starkem Drucke erhalten, ist nach *SORBY*¹⁾, *MOUSSON* und *J. u. W. THOMSON*²⁾ eine experimentell bewiesene Thatsache, und sie erklärt sich dadurch, dass zur Lösung einer Substanz eine gewisse Wärmemenge nothwendig ist, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen aus den umgebenden Körpern gezogen wird, die aber unter Einwirkung von Druck, durch diesen unmittelbar erzeugt und so der zu lösenden Substanz zugeführt wird.

Diese durch Druck verstärkte und zum Theil erst erzeugte chemische Wirkung dient also entweder zur Verstärkung der Plasticität oder geradezu zur chemischen Aushöhlung der Gerölle. In vielen Fällen jedoch, in denen die Substanz der Gerölle nur zum Theil löslich ist, wird eine Vereinigung chemischer Auflösung und mechanischer Dislocation der einzelnen Gerölltheilchen stattfinden, wodurch dann die Eindrücke entstehen. Nicht immer bietet die chemische Auflösung so einfache Verhältnisse wie beim kohlen sauren Kalke und überhaupt

¹⁾ a. a. O.

²⁾ *MOUSSON*, *POGG. Ann.* CV. pag. 161. — *W. THOMSON*, *Trans. of the R. Soc. of Edinburgh* XVI. pag. 575, und *Phil. Mag.* 3. Ser. XXXVII. pag. 123. — *JAMES THOMSON*, *Proceedings* XI. pag. 473.

den einfachen Salzen. Bei Feldspathen und allen zusammengesetzten löslichen Silicaten tritt erst eine Zersetzung ein, wobei ein Theil der Substanz in Lösung geht, ein Theil aber sich als ein neues Mineral ausscheidet. So bildet sich bei der Zersetzung der Feldspathe meist mehliges Kaolin, während die Alkalisilicate in Lösung abgehen. Dieses Kaolin ist aber nicht im Stande, den Druckkräften den gleichen Widerstand entgegen zu setzen, wie vorher der Feldspath; er wird daher leichter mechanischer Umformung unterliegen. Es kann auch der Fall eintreten, dass die auf die Gerölle ausgeübten Druckkräfte nicht stark genug waren, um eine Zerdrückung derselben herbeizuführen, dass aber die Löslichkeit der betreffenden Geröllsubstanzen dadurch hinreichend erhöht wurde, um eine chemische Auflösung an den Berührungsstellen der Gerölle zu erzeugen. Auf diese Weise erklärt es sich ganz einfach, warum die Kalksteingerölle der Nagelfluh, welche da, wo bedeutende Hebungen stattgefunden haben, Eindrücke, Zerdrückungen und Verschiebungen aufweisen, da, wo nur geringe Druckkräfte thätig waren, wie z. B. bei der sogen. horizontal gelagerten Nagelfluh der Ost-Schweiz, nur Eindrücke, fast nie aber Zerdrückungen und Rutschstreifen zeigen.

Nach alldem kann über die Erklärungsweise der Eindrücke in dem Culmconglomerat vom Lichtenstein kein Zweifel mehr obwalten, und es wird sich nur fragen, wie weit dieselben nur mechanischen oder auch chemischen Veränderungen ihre Entstehung verdanken. Die Beantwortung dieser Frage ist zunächst davon abhängig, ob und verhältnissmässig wie viel chemischer Umwandlung fähige Substanz sich in unseren Quarzgeröllen befindet oder zur Zeit der Herausbildung der Eindrücke befunden hat. Makroskopische und mikroskopische Untersuchung lehrt nun, dass die betreffenden Gerölle fast ausschliesslich aus kleinen Quarzkörnern bestehen, welche zuweilen feine Glimmerblättchen zwischen sich gelagert haben. Letztere gehören zum grössten Theil dem Kaliglimmer an. Seltener lässt der Dünnschliff bei durchfallendem Lichte grünlich-braune Blättchen erkennen, die wahrscheinlich dem Magnesiaglimmer zuzurechnen sind.

Die Löslichkeit des Quarzes durch die in unserem Gesteine als thätig anzunehmenden Wasser ist, wie bereits weiter oben auseinandergesetzt wurde, wenn überhaupt vorhanden, doch ganz unbedeutend. Der Kaliglimmer gehört ebenfalls, wenn auch nicht zu den absolut unlöslichen, so doch sehr schwer zersetzbaren Mineralien —; und da er zudem nicht in grossen Mengen, sondern nur in Form sehr dünner Häutchen auftritt, so wird eine etwaige locale Zersetzung desselben ebenfalls auf die Bildung von Eindrücken von sehr geringem Ein-

flusse gewesen sein. Eher ist an eine Zersetzung des grünlichen Glimmers zu denken, und ausserdem darf vielleicht nicht unberücksichtigt bleiben, dass der Kaliglimmer zur Zeit der Bildung der Eindrücke möglicher Weise noch nicht da war, indem eine andere, chemisch leichter angreifbare Substanz zwischen den Quarzkörnern lag, welche aber jetzt zum Theil weggeführt, zum Theil in Kaliglimmer umgewandelt worden ist. Wie dem aber auch sei, so dürfen wir jedenfalls nicht vergessen, dass Eindrücke gar nicht selten auf solchen Quarzgeröllen vorkommen, bei denen Quarzkorn dicht an Quarzkorn liegt und für welche die frühere Existenz eines Bindemittels durch nichts wahrscheinlich zu machen ist, — dass demgemäss der chemischen Einwirkung allenfalls ein localer, keineswegs aber ein durchgreifender Einfluss bei der Entstehung der Eindrücke zuzuschreiben ist.

Auch diejenigen Eindrücke in unseren Geröllen, welche ein getreuer Abdruck des eingedrungenen Gerölles sind, müssen also hauptsächlich durch rein mechanische Veränderungen bewirkt sein, und es ist anzunehmen, dass plastische Umformungen an den Berührungsstellen der Gerölle stattgefunden haben. Die sich natürlich aufdringende Annahme, dass die dem unbewaffneten Auge sich entziehenden Spuren dieser Umformungen einer mikroskopischen Untersuchung der Gerölle sich nicht verbergen können, hat sich als richtig erwiesen, und so ist es uns gelungen, von dem an sich etwas unklaren Vorgange plastischer Gesteinsumformung eine bestimmtere Vorstellung zu gewinnen.

Die Quarzite unserer Gerölle bestehen aus kleinen Quarzkörnern, deren Durchmesser gewöhnlich zwischen 0,05 und 0,4 Millim. schwankt. Ihr Gefüge ist meist ein gleichmässig körniges. Im Dünnschliffe heben sich die einzelnen, meist eckig in einander greifenden Quarzkörner bei gewöhnlichem Lichte nur undeutlich, bei polarisirtem aber sehr gut von einander ab, wobei sie dann jenes buntfarbige Bild zeigen, das einerseits bedingt ist durch die verschiedene optische Orientirung der Quarzkörner, andererseits durch die verschiedene Dicke, mit welcher die letzteren im Schliffe liegen und welche an ein und demselben Korne sehr schwankend sein kann.

In der Nähe von Eindrücken lässt nun aber das Gerölle im Dünnschliffe zwei wesentliche Störungen in seiner regelmässig körnigen Structur erkennen. Die erste besteht in der Herausbildung von feinsten Sprüngen, welche dicht an einander geschaart und in verschiedenen Richtungen, ohne Abhängigkeit von den einzelnen Quarzkörnern, diese durchsetzen. Diese Sprünge bieten sich der Beobachtung im Dünnschliffe meist

als unregelmässig gekörnelte Linien dar, indem jeder Sprung von zahllosen winzigsten Hohlräumen begleitet wird, deren Durchmesser von selbst bei 800facher Vergrösserung nicht mehr messbarer Grösse bis zu 0,003 Mm. anwachsen kann. In Folge ihres grösseren Lichtbrechungsvermögens heben sich diese Hohlräume gegen den Quarz mit einer dunkeln Umrandung ab. Sie liegen zwischen den beiderseitigen Sprungflächen und verdanken ihre Entstehung somit offenbar derjenigen des Sprunges selbst, wie sie denn auch stets flach gedrückt erscheinen, so dass sie, wenn der Sprung den Dünnschliff quer schneidet, alle als länglich und dünn erscheinen, wenn der Sprung aber in die Schlibfebene fällt, gleich breit als lang sind. Sie beweisen, dass diese Sprünge sich nicht ohne, wenn auch sehr geringe Dislocationen der beiderseitigen Quarzhälften gebildet haben können, welche sogar bedeutend genug waren, um den circulirenden Wassern Zugang zu verschaffen. Wir finden nämlich auch jene Hohlräume mit einer Flüssigkeit erfüllt, deren Anwesenheit durch bewegliche Libellen leicht erkannt wird. Capillarkräfte haben also auf diesen Sprüngen die Gesteinsfeuchtigkeit angezogen und so festgehalten, dass sie selbst durch die bei der Anfertigung des Dünnschliffes angewandte Hitze nicht vertrieben werden konnte. Diese bei auffallendem Lichte am Gesteine gänzlich unbemerkbaren Sprünge geben, wo sie sich sehr häufen, im Dünnschliffe den sonst wasserhellen Quarzen einen matten, trüben Ton. Durchschnittlich lassen sich in einem Kubikmillimeter solcher Quarzkörner ungefähr 100 Sprünge zählen, welche jedoch eine gewisse Regelmässigkeit in ihrer Anordnung zu besitzen scheinen, indem in den Dünnschliffen immer zwei sich kreuzende Systeme von unter einander annähernd parallel verlaufenden Sprüngen hervortreten, während ein drittes System mehr oder weniger genau in die Schlibfebene zu fallen scheint.

Die zweite Störung ist nicht wie die erste durch das ganze Gerölle, soweit die plastische Umformung sich erstreckte, vertheilt, sondern auf unregelmässig begrenzte oder trumförmige Partien desselben beschränkt und macht sich als eine Zerdrückung der das Gestein zusammensetzenden Quarzkörner in kleinere und grössere Fragmente und zum Theil auch als eine Verschiebung der letzteren bemerkbar (Taf. IX. Fig. 5). Wir haben es also hier mit einer Art innerer, localer Breccienbildung zu thun, deren Entstehungszeit, wie zum Theil wenigstens mit Gewissheit nachgewiesen ist, zwischen die Herausbildung jener zwei oben beschriebenen Sprungsysteme fällt. Während nämlich das eine Sprungsystem, unbekümmert um derartige Zerdrückungsstellen, ohne Unterbrechung durch letztere hindurch-

streicht, sich also als jüngere Bildung erweist, ist das andere System von der Verdrückung und Verschiebung mit erfasst worden; die Sprünge dieses Systemes zeigen auf den abgesplitterten und verschobenen Quarzkörnern häufig ein von dem herrschenden abweichendes Streichen gemäss der Art der Dislocirung der sie tragenden Körner —, sie sind also älter als die Breccienbildung.

Es versteht sich von selbst, dass die Anzahl der Sprungsysteme möglicherweise an verschiedenen Stellen eine sehr verschiedene ist, dass auch das zeitliche Verhältniss jener inneren Breccienbildung zu den Sprungsystemen sehr schwankt, — hier ist der Werth nur überhaupt auf das Vorhandensein eines solchen Verhältnisses zu legen, als Beweis für die richtige Deutung unserer Erscheinungen.

Da von diesen Sprüngen, welche mit den bei der Zerdrückung der Gerölle entstehenden Rissen und Spalten nicht verwechselt werden dürfen, und von jenen inneren Breccienbildungen makroskopisch auf den Geröllen gar nichts bemerkbar ist, so sind wir wohl berechtigt, in ihnen diejenigen Veränderungen zu erblicken, welche eine plastische Umformung der Gerölle ermöglichten und bedingt haben. Wir glauben nicht zu irren, wenn wir annehmen, dass zur Ausgleichung der in Folge der Druckeinwirkungen in den Geröllen entstandenen Spannungen sich jene Sprünge bildeten, die, ohne eine völlige Trennung im Gesteine hervorzurufen, dennoch in der Gesamtheit ihrer an sich minutiösen Verschiebungen der Gesteintheilchen Bedeutendes zu leisten im Stande waren. Wo aber die Druckwirkungen Maxima erreichten oder Minima von Widerstand vorfanden, bildeten sich offenbar jene localen Zerdrückungen der Quarzkörner aus, welche durch vorhergehende Sprungbildungen jedenfalls wesentlich unterstützt waren. Diese locale innere Breccienbildung konnte aber den Zusammenhang des Gerölles nicht aufheben, weil erstens die fest ineinander gepressten und gefügten Quarzkörner einen natürlichen Zusammenhalt darboten und zweitens die Erstreckung der mikroskopisch kleinen Zerdrückungen jedesmal nur eine sehr beschränkte war.

Dies sind also die mechanisch plastischen Umformungsvorgänge, welche sich nachweisen lassen —, in Verbindung mit den makroskopischen Zerdrückungen der Gerölle und Verschiebungen der zerdrückten Theile völlig genügend zur Erklärung der Erscheinungen, welche das Culmconglomerat vom Lichtenstein aufweist. Bald zeigt dasselbe nur Zerdrückungen und Verschiebungen der Gerölle, bald sowohl diese als auch plastische Umformungen, d. h. glatte Eindrücke, bald auch

nur plastische Umformung. In letzterem Falle konnten die Eindrücke natürlich in Folge der geringen Plasticität der Quarzite nur wenig tief werden; sobald sie eine gewisse Tiefe überschritten, mussten sich eben auch Zerreibungen der Gerölle einstellen.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass man wohl annehmen darf, Gerölle anderer Gesteinsarten zeigten bei plastischer Umformung ähnliche mikroskopische Erscheinungen wie diese Quarzite. Bei Geröllen von Kalkstein muss die dadurch entstehende Unzahl von feinsten Sprüngen, auf welchen in Folge der Capillarkräfte die Gewässer circuliren können, die Leichtigkeit chemischer Auflösung durch letztere wesentlich erhöhen, indem dadurch die Angriffsfläche, welche der Kalkstein dem kohlensäurehaltigen Wasser darbietet, mehr als vertausendfacht wird. Wenn wir also weiter oben in der durch den Druck erzeugten Wärmemenge die Erklärung fanden für die vergrößerte Löslichkeit von Substanzen, welche starkem Druck ausgesetzt sind, so muss als eine in der Natur jedenfalls vorhandene, weitere Ursache derselben diese mikroskopische Sprungbildung hinzugefügt werden, welche in der Wirkung auf die Löslichkeit einer feinsten Polarisirung der betreffenden Substanz gleich zu achten ist.

II. Die Breccienbildung des Aktinolithschiefers oder sogen. Grünschiefers von Hainichen.

Als Aktinolithschiefer sind hier die sogen. Grünschiefer bezeichnet, welche, der Phyllitformation angehörig, zwischen Frankenberg, Hainichen und dem Zellaer Walde den südöstlichen Abfall jenes grossen Schichtengewölbes bilden, welches das sächsische Mittel- oder Granulitgebirge constituirt.

Diese Grünschiefer wurden im Anfang ihres Bekanntwerdens noch zu Lebzeiten WERNER's bereits den Hornblendschiefern zugezählt. Zwar hat man damals die nordöstlich davon entwickelten Diabastuffe von Nossen und Marbach fälschlicher Weise mit jenen vereinigt, aber dennoch ist es schon damals Beobachtern wie LINDIG¹⁾, PUSCH²⁾ und FREIES-

¹⁾ E. FRIEDR. WILH. LINDIG, Arbeit 9 der geognostischen Landesuntersuchung von Sachsen, 1801; im Archiv der kgl. Bergakademie zu Freiberg.

²⁾ G. G. PUSCH, Arbeit 26, 1809; *ibid.* — Beschreibung des Weisssteingebirges im sächsischen Erzgebirge 1819; in den Schriften der Gesellschaft für Mineralogie zu Dresden, Bd. III. 1826.

LEBRN¹⁾ nicht entgangen, dass dieser Schieferzug bei Poppendorf, Hainichen und Sachsenburg —, also wo er wirklich Aktinolith ist, mehr als „Hornblendeschiefer“, bei Marbach und Nossen aber —, wo er in der That aus Diabastuff besteht, als „Grünsteinschiefer“ ausgebildet sei. NAUMANN²⁾ hat dann 1834 den Namen Grünsteinschiefer und Hornblendeschiefer für unsere Gesteine beibehalten, aber er hob bereits das lagenhafte Vorkommen des „ölgrünen“ Pistazites darin hervor, welcher vorher unbemerkt geblieben zu sein scheint. 1868 wurde er³⁾ jedoch an der Pistazitnatur dieses ölgrünen Mineralen zweifelhaft, auch glaubte er den grössten Theil der für Hornblende geltenden, grünen Mineralien für Glimmer und Chlorit halten zu müssen, und er zog den Namen „Grüne Schiefer“ der Bezeichnung „Hornblendeschiefer“ vor. 1871 kam NAUMANN⁴⁾ dann zu dem Resultate, dass dieser Schiefer „meist ein wesentlich aus Chlorit, Calcit und einem pistazitähnlichen“, seinem Aussehen nach indess oft mehr an gemeinen, dichten Granat erinnernden „Minerale bestehendes Gestein ist“, welches ebensowenig ein gewöhnlicher Chloritschiefer als ein Hornblendeschiefer sei, und das er „Grünschiefer“ nennt. G. RUD. CREDNER⁵⁾ zeigte aber 1876, dass der Chlorit Zeretzungsproduct der Hornblende sei und letztere, als Aktinolith ausgebildet, mit Feldspath und Epidot das Gestein zusammensetzt, welches eine „feinkörnige, epidotreiche Varietät der Hornblendeschiefer“ darstellt. Jedoch behielt er den Namen Grünschiefer bei.

Als „grüne Schiefer“ bezeichnet man bekanntlich alle möglichen archaischen, silurischen und noch jüngeren Schiefer ohne Rücksicht darauf, ob sie etwas geologisch oder petrographisch Gemeinsames haben, sobald sie nur von grüner Farbe sind und ihre mineralogische Zusammensetzung unbekannt oder zweifelhaft ist. Sobald letztere von einem „grünen Schiefer“ bekannt wird, gehört es sich, dass derselbe mit dem seiner mineralogischen Zusammensetzung und geologischen Natur entsprechenden Namen belegt werde. Die Grünschiefer von

1) JOH. K. FREIESLEBEN, Magazin für die Oryktognosie Sachsens, Bd. V. 1831. pag. 24.

2) K. NAUMANN, Erläuterungen zur geogn. Karte des Königreichs Sachsen, Heft I. 1834.

3) K. NAUMANN, N. Jahrbuch 1868 pag. 730.

4) K. NAUMANN, Erläuterungen der geogn. Karte der Umgegend von Hainichen im Königr. Sachsen 1871.

5) G. RUD. CREDNER, Das Grünschiefersystem von Hainichen im Königreich Sachsen 1876, in Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften Bd. 47.

Hainichen bestehen im Wesentlichen aus Aktinolith, Feldspath und Epidot; sie gehören als gleichwerthiges Glied den Schieferen der archaischen Formationen und zwar der Phyllitformation an; es ist somit kein Grund mehr vorhanden, sie als „grüne Schiefer“ oder „Grünschiefer“ zu bezeichnen.

Da der Aktinolith der für den äusseren Habitus hauptsächlich charakteristische Bestandtheil dieser Schiefer ist, der Epidot hingegen bald in geringerer, bald auch in grösserer Menge darin vorkommt, so gebührt dem Gesteine der Name „epidotführender Aktinolithschiefer“, und es sind demgemäss epidotarme und epidotreiche Varietäten desselben zu unterscheiden.

Bei dieser Namengebung gehen wir davon aus, dass die Untersuchung der Amphibolitschiefer, deren Vorkommen hauptsächlich auf die archaischen Formationen beschränkt ist, ergeben hat, dass dieselben meist aus Amphibol und Feldspath bestehen, während solche, die lediglich aus Amphibol zusammengesetzt sind, zu den grössten Seltenheiten gehören. In Folge dessen hat schon 1855 HOCHSTETTER¹⁾ für aus Amphibol und Feldspath (weniger wesentlich auch Quarz) bestehende Schiefer den Namen Amphibolitschiefer angewandt. Zwar sind solche Gesteine auch als Grünstein- oder Dioritschiefer bezeichnet worden, aber eine solche Benennung empfiehlt sich ganz abgesehen von den geologischen Gründen, welche dagegen sprechen, schon deswegen nicht, weil alsdann eine weitere, schon durch den Namen angedeutete Unterscheidung zwischen Aktinolith- und Hornblende-führenden Schieferen unmöglich wird. Wie z. B. beim Glimmerschiefer ausser dem Glimmer das Vorhandensein von Quarz stets vorausgesetzt wird, so ist beim Amphibolschiefer für gewöhnlich Feldspath als weiterer Gemengtheil anzunehmen. Tritt noch ein dritter, charakteristischer Gemengtheil hinzu, so haben wir jenachdem quarzführenden, glimmer-, granat- oder epidotführenden Amphibolschiefer. Fehlt hingegen der Feldspath als Gemengtheil, so haben wir reinen oder feldspathfreien Amphibolschiefer. Bei der grossen Veränderlichkeit, welche archaische Schichten in Bezug auf ihre Zusammensetzung zeigen, empfiehlt sich eine derartige Nomenclatur um so mehr, als man jene Veränderungen auf diese Weise meist durch eine Aenderung des Adjectives angeben kann. Würde man aber feldspathführende Amphibolschiefer als Dioritschiefer bezeichnen, so wäre man leicht genöthigt, von Uebergängen des Dioritschiefers in Amphibolschiefer zu reden, sobald

¹⁾ FERD. HOCHSTETTER, Geognostische Studien aus dem Böhmerwalde, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1855 pag. 774.

das feldspathführende Amphibolgestein feldspathfrei wird, und man müsste dann unter Umständen dieselbe Gesteinsschicht mit zwei ganz verschiedenen Namen belegen.

Mit dem epidotführenden Aktinolithschiefer von Hainichen steht ein anderes Gestein in engster Verbindung. Es ist dies NAUMANN'S Felsitschiefer, der von G. RUD. CREDNER als Hornschiefer beschrieben worden ist. Derselbe wechselagert mit dem Aktinolithschiefer in oft recht mächtigen, häufig aber auch nur zollstarken Lagen und besteht vorwaltend aus Quarz und Feldspath, dem sich jedoch Aktinolith und Epidot stets zugesellen. Da die geologische und petrographische Zusammengehörigkeit des Aktinolithschiefers und dieses Felsit- oder Hornschiefers zweifellos ist, so scheint die beste Bezeichnung für letzteren Quarzaktinolithschiefer zu sein.

Petrographische Beschreibung.

Als gesteinszusammensetzende Mineralien betheiligen sich an der Gruppe der Aktinolithschiefer von Hainichen: Aktinolith, Feldspath, Epidot, Quarz, Calcit, Chlorit und verschiedene Eisenerze.

1. Der Aktinolith. Die von RUD. CREDNER ausgeführten chemischen Analysen verweisen auf einen thonerdefreien oder doch sehr armen Amphibol. Der mikroskopische Befund stellt denselben zu den Aktinolithen. Dieser Amphibol kommt in unseren Schiefen stets nur in Form länglicher Säulen vor, die zum Theil äusserst dünne und in Folge dessen spiessige Gestalt haben, zum Theil aber, und zwar gewöhnlich, bei ungefähr 0,1 Mm. Länge 0,01 Mm. breit sind. Auch über Millimeter lange Säulchen finden sich in den allerdings nicht so häufigen, grobkörnigen Schiefen.

Begrenzt werden diese Säulchen von den Flächen ∞P und gewöhnlich auch $\infty P \bar{\infty}$ und $\infty P \infty$, welche da, wo der Schliff die Säulen quer geschnitten hat, annähernd genau die Winkelwerthe $124^{\circ} 30'$, $117^{\circ} 45'$ und $152^{\circ} 15'$ ablesen lassen. Endflächen sind nicht entwickelt. Die prismatische Spaltbarkeit wird fast nie durch Risse angedeutet. Wo dies der Fall zu sein scheint, ist es gewöhnlich die Folge von Juxtaposition optisch gleich orientirter Säulchen. Sehr häufig ist hingegen eine die Verticalaxe bald senkrecht, bald schief schneidende, meist aber nicht ganz ebene Absonderungsfläche, durch welche die Säulen in mehrere kürzere quergetheilt erscheinen. Zwillingsverwachsungen scheinen nicht vorhanden zu sein. Die Farbe der Aktinolithen bei durchfallendem Lichte

schwankt zwischen wasserhell und grün. Die grünlichen Aktinolithe zeigen einen starken Dichroismus zwischen gelbgrün und lauchgrün.

Die Säulen und Nadelchen treten bald einzeln im Gesteine auf, bald sind sie zusammengruppirt, und bilden dann entweder büschel- bis radialförmig oder ganz parallel angeordnete Aggregate. Letztere verlieren jedoch stellenweise ihre Parallelität und gehen in ein Haufwerk unregelmässig durcheinander laufender Säulchen über. Nicht selten finden sich auch mehrere parallel geordnete Aggregate, die sich gegenseitig, gewebeartig, durchkreuzen.

Bei Schnitten parallel der Hauptaxe schwankt der Auslöschungswinkel dieser Aktinolithe bei gekreuzten Nicols zwischen 0 und 15 Graden, je nachdem der Schnitt mehr in die Ebene des Ortho- oder Klinopinakoides fällt. Da in Schnitten, bei welchen die Quertheilungslinien der Säulchen ganz genau senkrecht zur Verticalaxe stehen, der Auslöschungswinkel gleich 0 ist, so scheint die Quergliederung der basischen Endfläche zu entsprechen, indem die Fläche nur mit dem Orthopinakoid eine zur Axe c senkrechte Kante bildet. Ist der Winkel der Querlinien mit der Hauptaxe grösser als 90° , so steigt auch der Auslöschungswinkel; ersterer übersteigt aber nie 105° , letzterer nie 15° . Bei Schnitten senkrecht zur Hauptaxe, welche rhombische, sechs- oder achtseitige Formen zeigen, fällt die Auslöschungsrichtung mit der Orthoaxe zusammen.

2. Der Feldspath führt nach den chemischen Untersuchungen in den Quarzaktinolithschiefern und den epidotarmen Aktinolithschiefern von Alkalien fast nur Natron, während in den sehr epidotreichen und aktinolitharmen Varietäten, welche allerdings quantitativ eine untergeordnete Rolle spielen, ziemlich ebensoviel Kali als Natron vorhanden ist. Der vorwaltende Feldspath muss daher ein trikliner Natronfeldspath sein.

Er kommt meist in unregelmässig begrenzten, kleinen Körnern in unseren Schiefen vor, deren Durchmesser nur bis zu 0,1 Mm. ansteigt. Zuweilen zeigen dieselben jedoch trotz dieser Kleinheit Zwillingstreifung und lassen in diesem Falle ihre trikline Natur deutlich erkennen. Da jedoch zwischen letzteren und den ihrem Systeme nach nicht näher bestimmbareren Feldspathkörnern keinerlei Unterschied der sonstigen Beschaffenheit bemerkbar ist, so können sie recht wohl, wie es nach der chemischen Bestimmung wahrscheinlich ist, ebenfalls trikliner Natur sein. Wo der Feldspath grössere Krystalle bildet, wie besonders in den Quarzaktinolith- und den epidotreichen Aktinolithschiefern, ist er zum Theil zwar in Folge von Zersetzung so verändert, dass eine optische Untersuchung

desselben unmöglich wird, zum Theil jedoch ist seine Zugehörigkeit zum triklinen System leicht erweislich, auch eine feine Zwillingsstreifung recht deutlich ausgeprägt. In keinem Falle war es möglich, einen monoklinen Feldspath mit Sicherheit nachzuweisen, obgleich deren Vorhandensein neben dem Plagioklas in gewissen Varietäten nach dem Resultate der chemischen Analyse sehr wahrscheinlich ist.

3. Der Epidot kommt, wenn er nicht secundärer Entstehung auf Gängen und Trümmern ausgeschieden ist, stets nur in unregelmässig gestalteten Körnern vor, deren Durchmesser gewöhnlich zwischen 0,01 und 0,1 Mm. schwankt. Meist ist die basische und orthopinakoidale Spaltbarkeit durch geradlinig verlaufende Risse angedeutet, die sich unter Winkeln kreuzen, deren Grösse bei Schnitten parallel dem Klinopinakoide gleich 115 resp. 65 Graden abgelesen wurde. Nicht selten ist Zwillingsbildung nach der Ebene des Orthopinakoides zu beobachten. Bei nach diesen Spaltungslinien oder der Zwillingsnaht orientirten, mit der Klinopinakoidebene in die Schliifebene fallenden Krystallen ergab sich für die Linien parallel der Basis ein Auslöschungswinkel von 27 bis 28 Graden, für die Linien parallel dem Orthopinakoide ein solcher von 2 bis 3 Graden, was mit der Lage der optischen Mittellinien, wie sie für den Epidot bekannt ist, sehr genau übereinstimmt.

Im Dünnschliffe erscheinen die Epidotkörner bei durchfallendem Lichte theils fast wasserhell, theils blaugelb bis ölgrün. In ersterem Falle ist ihr Dichroismus bei Drehung des Polarisators gleich 0; in letzterem ziemlich stark, in grünlichgelben Farbentönen variirend. Im polarisirten Lichte erglänzen bei gekreuzten Nicols die Epidotkörner in sehr lebhaften grünen und rothen oder gelben und blauen Farbentönen, die an Lebhaftigkeit diejenigen des Aktinolithes und Quarzes weit übertreffen.

Der secundäre Epidot zeigt häufig grössere Dimensionen der Krystalle und horizontal-säulenförmige Gestalt derselben mit Krystallflächen, die sich einer genauen Bestimmung indess meist entziehen.

4. Der Quarz kommt in unregelmässig begrenzten Körnern vor, von 0,01 bis 0,1 und seltener auch 0,2 Mm. grossem Durchmesser, welche häufig auch, wie diejenigen des Feldspathes, von spiessigen Aktinolithnadeln durchwachsen sind. In gewissen Varietäten der Aktinolithschiefer ist der Quarz ein häufiger Bestandtheil, in anderen ist er sehr selten, fehlt wohl auch ganz. Indessen ist seine absolute Abwesenheit bei der Feinkörnigkeit des Feldspathgemenges nie mit Sicherheit zu beweisen.

5. Der Calcit ist theils durch seine rhomboëdrische, durch feine Linien angedeutete Spaltbarkeit, theils durch seine Zwillingsverwachsungen charakterisirt. Häufig zeigt er schon im gewöhnlichen Lichte ziemlich deutliches Irisiren, das im polarisirten Lichte sehr scharf hervortritt und so für den Kalkspath stets ein unverkennbares Kennzeichen ist.

6. Der Chlorit tritt in grünen bald regelmässig hexagonal, bald ganz unregelmässig begrenzten Blättchen auf, die entweder einzeln neben einander gelagert oder auch zu radialbüschelförmigen Aggregaten vereinigt sind. Die Grösse der einzelnen Blättchen schwankt gewöhnlich zwischen 0,015 und 0,03 Mm. Zuweilen ist der Chlorit auch in länglichen Säulchen entwickelt, die senkrecht zur Längsaxe durch feine Linirung eine ausgeprägte Spaltbarkeit verrathen und hexagonale Prismen darstellen, die zuweilen wurmförmig gekrümmt erscheinen. Optisch ist dieser Chlorit einaxig und darf somit als hexagonal angesprochen werden. Dichroismus und Polarisationsfarben sind wenig lebhaft und bedingen nur geringe Abstufungen der gewöhnlichen grünen Farbentöne des Chlorites.

7. Ein glimmerartiges Mineral findet sich im Feldspath als Zersetzungsproduct in 0,003 bis 0,01 Mm. grossen Blättchen, die unter gekreuzten Nicols trotz ihrer Kleinheit in lebhaften, hellen Farben aufleuchten. Wegen ihrer Kleinheit lässt sich ihre mineralogische Natur nicht näher bestimmen. Aehnliche Blättchen treten auch ausserhalb des Feldspathes zwischen den einzelnen Quarzkörnern und in Quarzadern auf und machen es wahrscheinlich, dass sie, wie sich später ergeben wird, hauptsächlich aus Alkalisilicaten bestehen.

8. Von Eisenerzen treten auf Magneteisen, meist in mikroskopisch kleinen Körnern und Oktaëdern, Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat in kleinen Blättchen und Körnchen als Hämatit und Brauneisenerz, und Schwefelkies. Lediglich auf Gängen finden sich auch Dolomit, Baryt und Malachit.

Diese Mineralien bilden in wechselnder Zusammensetzung eine Reihe verschiedener Gesteine, deren Untersuchung sich als eine hauptsächlich Schwierigkeit der Unterscheidung darbietet zwischen den Mineralien, welche den Gesteinen als ursprüngliche Gemengtheile angehören, und denjenigen, welche erst späterer Entstehung sind.

- Im Allgemeinen lehrt uns eine genaue makro- und mikroskopische Erforschung der archaischen Schiefer des sächsischen Erz- und Mittelgebirges die diese Schiefer zusammensetzenden Mineralien in zwei wesentlich von einander verschiedene Grup-

pen zu classificiren. Die Mineralien der einen Gruppe rufen die Schichtung der betreffenden Gesteine hervor, d. h. sie sind lagenhaft angeordnet, und die Art ihres Vorkommens nöthigt uns die Anschauung auf, dass jede liegende Lage der Zeit nach vor der hangenden entstanden ist, weswegen wir die archaischen Schiefer zu den sedimentären Formationen rechnen müssen. Die Mineralien dieser Gruppe bezeichnen wir als die ursprünglichen Bestandtheile der betreffenden Schiefer im Gegensatz zu den Mineralien der zweiten Gruppe, welche sich nicht mehr lagenhaft nach der Schichtung, sondern nach allen möglichen Richtungen bald auf der Schieferung, bald in Gängen und Trümmern oder sonst regellos im Gesteine vertheilt vorfinden, und sich als zweifellos nachträgliche Bildungen erweisen, deren Entwicklung von der Intensität der im Gesteine thätigen umwandelnden Kräfte abhängig ist.

Die in unseren Aktinolithschiefern thätigen, umwandelnden Kräfte waren chemischer und mechanischer Natur. Den letzteren verdankt das Gestein Absonderungsklüfte, Spalten, Verbiegungen u. s. w., den ersteren theilweise Auflösung oder Zersetzung der ursprünglichen Bestandtheile durch das Wasser und in Folge dessen theils Auslaugung des Gesteines und Bildung neuer Mineralien auf den Klüften und Spalten, theils Absatz von Mineralien in den durch die vorhergehende Zersetzung erst entstandenen Hohlräumen des Gesteines. Die mechanisch wirkenden Kräfte erleichtern natürlich sehr die Thätigkeit chemischer Kräfte, und daher zeigt das Gestein sich chemischer Umwandlung besonders da unterworfen, wo erstere die meisten Spuren ihrer Wirksamkeit hinterlassen haben.

Als ursprüngliche Bestandtheile in unseren Aktinolithschiefern haben sich nun ergeben: Aktinolith, Feldspath, Epidot, Quarz, Magneteisen und Calcit; als Bestandtheile nachträglicher Entstehung: Calcit, Quarz, Chlorit, Aktinolith, Grammatit ¹⁾, Epidot, Hämatit, Brauneisenerz, Schwefelkies, Malachit, Dolomit und Baryt.

¹⁾ Das Vorkommen des Grammatites in feinfaserigen Massen ist bis jetzt auf einen Steinbruch bei Schlegel beschränkt geblieben, woselbst durch eine local begünstigte Zersetzung Partien unseres Schiefers in eine harte, zähe, zum Theil aber auch mürbe Masse umgewandelt sind, die nur aus Quarz, Grammatit und Calcit besteht.

Auf Grund der ursprünglichen Gemengtheile gliedern wir demgemäss:

Aktinolithschiefer (Aktinolith und Feldspath).		
Epidot-Aktinolith- schiefer (Epidot, Aktinolith und Feldspath).		Quarz-Aktinolith- schiefer (Quarz, Feldspath, Aktinolith und Epidot)
Epidotreicher Aktinolithschiefer (Epidot, Feldspath, Aktinolith, Calcit) = gebänderter Grünschiefer R. CREDNER'S.	Epidotärmerer Aktinolithschiefer (Feldspath, Epidot, Aktinolith) = gewöhnlicher Glimmerschiefer R. CREDNER'S.	= Felsitschiefer NAUMANN'S, = Hornschiefer RUD. CREDNER'S.

Indem betreffs der makroskopischen Gesteinsbeschaffenheit auf NAUMANN und G. RUD. CREDNER, sowie auf die Erläuterungen zu Section Frankenberg der geol. Specialkarte von Sachsen verwiesen werden muss, soll hier nur eine Besprechung der Aktinolithschiefer-Varietäten erfolgen, welche auf die Natur der Bestandtheile Rücksicht nimmt.

1. Der Quarz-Aktinolithschiefer besteht nach einer von RUD. CREDNER ausgeführten chemischen Analyse aus:

Kieselsäure	75,76
Thonerde	11,28
Eisenoxyd	1,69
Eisenoxydul	2,37
Manganoxydul	0,15
Kalk	1,09
Magnesia	0,55
Natron	6,73
Kali	0,71
Wasser	0,53
	100,86

Da der grosse Natrongehalt etwas auffallend ist, so liess ich die Bestimmung der Alkalien wiederholen, welche ziemlich in Uebereinstimmung mit den Angaben der obigen Analyse ergab:

Natron	7,38
Kali	0,07
	7,45

Hieraus ergibt sich in vollständiger Uebereinstimmung mit dem mikroskopischen Befund als ungefähres quantitatives Verhältniss der einzelnen Gesteinsbestandtheile:

38	Quarz.
50	Natronfeldspath.
2	Aktinolith.
3	Epidot.
1	Magneteisen.
1	Roth- und Brauneisenerz.
0,5	Chlorit.
4,5	Vorwaltende Natronsilicate.

100,0.

Da von Alkalien fast ausschliesslich nur Natron vorhanden ist, so muss der Feldspath ein Natronfeldspath sein, was mit der mikroskopischen Untersuchung insofern völlig in Einklang steht, als, wo immer die Feldspathkörner eine krystallographische Orientirung ermöglichten, dieselben sich als triklin erwiesen.

Merkwürdig ist aber, dass, wenn man den ganzen Thonerdegehalt nach Abzug von 8,71 pCt., welche auf den Epidot fallen, auf Feldspath berechnet, von den Alkalien etwas über 1 pCt. übrig bleiben. Der Feldspath ist, wie das Mikroskop lehrt, meist stark durch Zersetzung getrübt, und zwar stellen sich in grosser Menge jene oben beschriebenen kleinen wasserhellen Schüppchen in demselben ein, die als Zersetzungsproducte gelten müssen. Wir sind gezwungen, in ihnen besonders natronreiche Silicate zu sehen, die sich bei der Zersetzung der Feldspathe bildeten, während die Thonerde theilweise weggeführt wurde, und die überschüssige, freiwerdende Kieselsäure als Quarz auf den das Gestein vielfach durchziehenden Spalten und Rissen zum Absatz kam.

Ein solcher von dem gewöhnlichen abweichender Zersetzungs Vorgang in Feldspathen ist auch anderwärts bekannt geworden. G. BISCHOF (Lehrbuch der chem. und physikal. Geologie II. pag. 398) theilt unter anderen die Analysen von Orthoklaskrystallen aus dem Porphyry des Quenberges am Harz mit, welche durch Verwitterung schon angegriffen und ziemlich weich waren.

Sie bestehen nach RAMMELSBERG aus:

Kieselsäure . . .	66,26
Thonerde . . .	16,98
Eisenoxydul . . .	0,31
Kalk	0,43
Magnesia . . .	0,11
Kali	14,42
Natron	0,20
Glühverlust . . .	1,29
	<hr/>
	100,00

BISCHOF bemerkt dazu, dass offenbar etwas Thonerde fortgeführt worden ist, die Alkalien hingegen nicht vermindert worden sind, „was dem entspricht, dass dieser Orthoklas eine der Umwandlung in Kaolin entgegengesetzte Richtung genommen hat.“

Eine ähnliche Umwandlung ergab der von aussen nach innen in grünlich - weisse Glimmerschüppchen umgewandelte Feldspath aus dem Granit bei Warmsteinach im Fichtelgebirge, welcher nach BISCHOF ¹⁾ bestand aus

Kieselsäure . . .	67,95
Thonerde . . .	12,76
Eisenoxyd . . .	2,09
Alkalien	16,66
Glühverlust . . .	0,54
	<hr/>
	100,00

In den Erläuterungen zu Section Frohburg der geolog. Specialkarte Sachsens habe ich 1878 die Analyse des silificirten Porphyrtuffes von Wolfnitz, des sogen. Bandjaspises von Gnadstein, mitgetheilt, welche ergab:

Kieselsäure . . .	87,70
Thonerde . . .	6,00
Natron	4,40
Kali	1,03
Wasser	1,30
Eisenoxyd . . .	Spur
	<hr/>
	100,13

Das Gestein besteht fast nur aus Quarz, Feldspath, etwas Biotit und den Zersetzungsproducten dieser Mineralien. Der

¹⁾ Verhandl. des nat.-histor. Vereins für die Rheinlande u. Westfalen 1855 pag. 309.

Feldspath wurde in Thonerde- und Alkalisilicat, sowie in Kieselsäure zersetzt; das Thonerdesilicat wurde zum Theil weggeführt, zum Theil verband es sich mit dem Alkalisilicat zu einem glimmerartigen Minerale. Die übrige Kieselsäure aber setzte sich im Gesteine als Quarz ab und bedingte so die Silificirung dieses Porphyrtuffs.

Aehnlich wird also jedenfalls der Vorgang in unseren Quarzaktinolithschiefern gewesen sein, und das weggeführte Thonerdesilicat hat wahrscheinlich zur Bildung des secundären Epidotes und Chlorites beigetragen. Demgemäss können wir das procentische Verhältniss der ursprünglichen Gemengtheile des Quarz-Aktinolithschiefers, wie folgt, angeben:

55	Plagioklas = vorwaltender Natronfeldspath.
35	Quarz.
4	Epidot.
3	Aktinolith.
3	Magneteisen.

100

Als Mineralien, welche Folge nachträglicher chemischer Umwandlung sind, haben zu gelten: Quarz, Chlorit, Roth- und Brauneisenerz, zuweilen Schwefelkies und vorwaltende Alkalisilicate.

2. Der Epidot-Aktinolithschiefer in seiner gewöhnlichen, epidotärmeren Ausbildung (Grünschiefer) besteht nach einer Analyse von RUD. CREDNER aus:

Kieselsäure . . .	54,42
Thonerde . . .	15,32
Eisenoxyd . . .	5,61
Eisenoxydul . .	6,95
Manganoxydul .	0,19
Kalk	7,49
Magnesia . . .	3,84
Natron	0,94
Kali	5,77
Wasser	0,51
Doppelschwefeleisen	0,23
	<hr/>
	101,27

Hieraus und aus dem mikroskopischen Befund ergibt sich als Mineral-Zusammensetzung:

50	Plagioklas = vorwaltender Natronfeldspath.
20	Epidot.
12	Aktinolith.
4	Magneteisen.
1	Brauneisenerz.
0,23	Schwefelkies.
3,00	Chlorit.
9,77	Natron-Eisenoxydulsilicat.
<hr/>	
100,00	

Wir ersehen daraus, dass auch hier sich aus der Zersetzung des Feldspathes Natronsilicate, wie im vorhergehenden Gesteine, gebildet haben.

Das Verhältniss der ursprünglichen Gemengtheile dürfte etwa folgendes sein:

55	Plagioklas.
25	Epidot.
15	Aktinolith.
5	Magneteisen.
<hr/>	
100	

3. Der epidotreiche Aktinolithschiefer wird nach RUD. CREDNER zusammengesetzt aus:

Kieselsäure	36,73
Thonerde	15,32
Eisenoxyd	9,03
Eisenoxydul	0,15
Kalk	26,41
Magnesia	2,41
Natron	1,77
Kali	1,49
Wasser	0,57
Kohlensäure	6,12
<hr/>	
	100,00

Der im Verhältniss zum Natron auffallend bedeutende Kaligehalt kann in der Hauptsache jedenfalls nur an den Feldspath gebunden sein. Letzterer bildet jedoch zum grössten Theile ein so feinkörniges Gemenge, dass auch im Dünnschliffe eine Bestimmung, ob die Körner dem triklinen oder monoklinen Systeme angehören, unmöglich wird. Wo aber eine

solche möglich ist, verweisen die optischen Verhältnisse jedesmal auf einen Plagioklas, und es muss also zweifelhaft bleiben, ob wir es mit einem Gemenge von Orthoklas und Plagioklas zu thun haben. Soviel steht aber fest, dass Natron- und Kalifeldspath vorhanden ist. RUD. CREDNER unterwarf eine Probe des obigen Analyse zu Grunde gelegten, epidotreichen Schiefers einer 12stündigen Digestion in kalter, verdünnter Salzsäure, wobei sich löste:

Kieselsäure . . .	0,72
Thonerde . . .	Spur
Eisenoxyd . . .	1,35
Kalk	11,02
Magnesia . . .	2,41
Natron	1,77
Kali	1,49
Wasser	0,57
Kohlensäure . .	6,12
	<hr/>
	20,79

Hieraus und aus der obigen Bauschanalyse berechnen sich als Bestandtheile des Gesteins:

50	Epidot.
10	Natronfeldspath.
8	Kalifeldspath.
6	Aktinolith.
14	Calcit.
3,5	Chlorit.
1,5	Eisenerze.
7,0	sonstige Zersetzungsproducte.
	<hr/>
	100,00

Als ursprüngliche Gemengtheile:

56	Epidot.
12	Natronfeldspath.
10	Kalifeldspath.
10	Aktinolith.
10	Calcit.
2	Magneteisen.
	<hr/>
	100

Wir betrachten hierbei von den 14 pCt. gefundenen kohlen-sauren Kalkes 10 pCt. als ursprünglichen Bestandtheil, da es nicht möglich ist, den ganzen Calcitgehalt aus der Zer-

setzung des Epidotes und Aktinolithes herzuleiten. Denn im Allgemeinen geht

Kalk aus der Zersetzung des Aktinolithes und Epidotes,
Thonerde aus der des Epidotes und Feldspathes,
Magnesia aus der des Aktinolithes

hervor, aber von diesen freiwerdenden Substanzen betheiligen sich Kalk und Thonerde wiederum bei der Bildung des secundären Epidotes, Thonerde und Magnesia bei derjenigen des Chlorites, und es bleibt somit nur ein Theil des aus der Zersetzung hervorgehenden Kalkes frei, um mit der Kohlensäure der circulirenden Wasser Calcit zu bilden. Da nun aber gerade die epidotreichen Aktinolithschiefer auch sehr viel secundären Epidot führen, so müssen wir annehmen, dass schon ursprünglich ein bedeutender Gehalt von kohlen-saurem Kalk in diesen Varietäten vorhanden war, und wir werden in dieser Annahme durch das Vorhandensein eines mehrere Meter mächtigen Kalksteinlagers unterhalb Pappendorf bestärkt, das concordant dem Aktinolithschiefer eingelagert ist, sich aber nur durch das ursprüngliche Vorhandensein des kohlen-sauren Kalkes erklären lässt.

Indem wir die so erhaltenen Resultate betreffs der ursprünglichen Gemengtheile zusammenstellen, erhalten wir folgende Uebersichtstabelle:

	Quarz.	Feld-spath.	Aktino-lith.	Epidot.	Magnet-eisen.	Calcit.	Summa.
Quarz-Aktinolithschiefer	35	55	3	4	3	—	100
Epidot-Aktinolithschiefer.	—	55	15	25	5	—	100
Epidotreiche Aktinolithschiefer. . .	—	22	10	56	2	10	100

Diese verschiedenen Varietäten von Aktinolithschiefer bilden, mit untergeordneten Phylliten, Lyditen und Graphit-schiefern wechsellagernd, zwischen dem Zellaer Walde und Frankenberg einen ungefähr 500 Meter mächtigen Schichten-complex, der die Glimmerschiefer des Granulitgebirges gleich-mässig überlagert und demgemäss ein Streichen von N. 60° O. aufweist bei einem durchschnittlichen Einfallen von 30° nach SSO. Geht man quer zu dieser Streichrichtung vom Liegenden dieser Schichten in's Hangende, so trifft man etwa auf eine Erstreckung von 800 Metern jene regelmässigen Lagerungsverhältnisse. Damit hat man aber zugleich die Aktinolith-

schiefer in ihrer ganzen Mächtigkeit von 500 Metern überschritten. Weiterhin steht zwar auch noch Aktinolithschiefer an; derselbe zeigt aber so gestörte Lagerungsverhältnisse — beständiges Aendern im Streichen und Fallen, Verbiegungen, Verwerfungen und kleinste Zerstückelung, dass man vergeblich nach einer achitektonischen Regelmässigkeit darin sucht. Als Hangendes dieser Parteien folgt dann die Culmformation, deren liegendste Schichten aus einem Conglomerate runder und eckiger Aktinolithschiefer bestehen, welches durch Aufnahme grosser und kleiner, anderer Gerölle nach dem Hangenden zu in das gewöhnliche „Grundconglomerat“ übergeht, das die untere Etage des Culmes bildet und auf welche die obere, kohlenführende Etage folgt. Zwischen dem Culm und den regelmässig gelagerten Aktinolithschiefern zieht sich also eine Zone von in ihrer Lagerung durchaus gestörten Aktinolithschiefern hin, deren oberflächliche Breite zwischen 200 und 1200 Metern schwankt und auf welche allein das Vorkommen der sogen. Grünschieferbreccien beschränkt ist.

NAUMANN war der erste, welchem jene breccienartigen Bildungen auffielen; aber durch die Aehnlichkeit verführt, welche dieselben mit dem stellenweise ganz aus Aktinolithschieferbruchstücken bestehenden Grundconglomerate des Culms haben, rechnete er dieselben mit zum Culm und sagte darüber 1834 a. a. O. p. 69: „Noch steht der Schiefer zum Theil an, aber lachtergrosse Massen derselben sind durch regellose, bald engere, bald weitere Spalten von einander gerissen und diese Spalten mit einem Conglomerat aus kleinsten Trümmern desselben Gesteins erfüllt, welche mit grosser Gewalt auf das Festeste in einander gewürgt und gequetscht erscheinen. Oft glaubt man noch anstehende Schiefer - Felsen zu sehen, wenn man nur eines der grösseren Fragmente in's Auge fasst, und erst die zwischen ihm eingeklemmten Conglomeratmassen belehren über die wahren Verhältnisse. Solche Bildungen können wohl nicht ausschliesslich das Werk einer hereinstürzenden Fluth sein; hier wirkten noch andere Kräfte, und unwillkürlich drängt sich dem Beschauer die Vorstellung einer gegenseitigen Reibung und Zermalmung ganzer Gebirgsflötze auf.“ 1871 unterschied NAUMANN zwar genauer zwischen Grundconglomerat und Grünschieferbreccie, aber gleichwohl rechnete er noch vieles zu jenen, was zu diesem gehört. So sagt er¹⁾: „Nicht selten und besonders auffallend längs seiner Grenze gegen das Conglomerat der Culmformation zeigt es (nämlich das Grünschiefergestein) eine regellose, weit fortsetzende Zerklüftung,

¹⁾ Erläuterungen der geogn. Karte der Umgegend von Hainichen im Königr. Sachsen 1871 pag. 11.

welche mit einer Zertrümmerung der unmittelbar angrenzenden Gesteinsmasse verbunden ist, deren Fragmente gewaltsam in einander gewürgt sind, so dass die Felswände von unregelmässigen Gängen einer festen Reibungsbreccie durchzogen werden.“ pag. 53: „An der Grenze gegen den Grünschiefer ist das Grundconglomerat oftmals als eine vollkommene Breccie ausgebildet, welche aus scharfkantigen, bisweilen sehr grossen, wild aufgestürzten und fest in einander gewürgten und gepressten Fragmenten besteht, zwischen denen sich feinerer Schutt desselben Gesteins hinwindet. Eine Schichtung ist an solchen Stellen gar nicht zu beobachten. pag. 54: „Hier (Steinbruch bei BÜSCHEL's Fabrik in Pappendorf) liegt offenbar einer der Ausgangspunkte der Breccienbildung, welche mit einer gewaltsamen Zertrümmerung der an einander bewegten Massen des Grünschiefers eröffnet worden ist. Dafür spricht auch die Thatsache, dass der Grünschiefer unweit der Grenze des Conglomerates oftmals von Klüften durchzogen wird, längs welcher er zu einer Breccie zermalmt ist.“

NAUMANN sieht also in der Bildung des Grundconglomerates nur eine fortgesetzte Breccienbildung der Grünschiefer selbst und hält beide jedenfalls für gleichartig und von derselben Ursache bedingt. Darum hat eine genauere Begrenzung beider Erscheinungen für ihn auch weiter keine Bedeutung.

Zu anderen Resultaten kam 1876 RUD. CREDNER, indem er a. a. O. pag. 127 sagt: „Die Grünschieferbreccien treten nicht ausschliesslich als Ausfüllung von Spalten auf. Es sind vielmehr folgende Modificationen in dem Auftreten dieser Breccienmassen zu beobachten: a. Als Ausfüllung von Spalten und Klüften, die theils die Erdoberfläche erreichen, theilweise aber auch sich vorher auskeilen und sich mannigfach gabeln (Kluftbreccien). b. In unregelmässig eingelagerten Bänken zwischen deutlich geschichteten Grünschiefern (Bankbreccien). c. In bis über 30 Meter mächtigen, vollkommen ungeschichteten, massigen Parteen. d. In bis zu 15 Meter mächtigen Complexen von regelmässig auf einander geschichteten Bänken. Für einen grossen Theil der Breccien ist demnach eine mit der Bildung des Grünschiefersystems gleichzeitige Entstehung anzunehmen“, und pag. 65: „Eine gewaltsame Zerstückelung des frisch gebildeten Gesteines muss stattgefunden haben, wenn uns auch die Ursache der Zertrümmerung des Grünschiefermaterials zu eckigen Fragmenten für die spätere Breccienbildung unklar bleibt.“

Während NAUMANN also die Entstehung der Breccien bis in die Culmzeit zurück versetzt, verlegt sie RUD. CREDNER sogar in die Zeit der Bildung der Grünschiefer selbst. Trägt nun aber schon NAUMANN's Auffassung gewisse physikalische

Unwahrscheinlichkeiten an sich, so ist dies mit RUD. CREDNER'S Ansicht noch mehr der Fall. Gegen beide jedoch spricht ganz besonders der thatsächliche Befund. Tiefe Eisenbahneinschnitte, welche zur Zeit, da NAUMANN seine Ansicht sich bildete, noch nicht vorhanden waren, haben gezeigt, dass dieselben Bildungen, welche bei BÜSCHEL'S Fabrik in Pappendorf vorkommen und die NAUMANN zum Culm gerechnet hat, auch mitten im Grünschiefer, ganz getrennt von den Culmschichten, getroffen werden und also nicht zu letzteren gezählt werden dürfen. Damit aber fällt der scheinbare genetische Zusammenhang zwischen Grundconglomerat und Grünschieferbreccie dahin. Gegen RUD. CREDNER'S Auffassung hingegen spricht der Umstand, dass diese Breccien nicht, wie er annimmt, auf eine ganz besondere, nämlich die hangende Zone der Grünschiefer beschränkt sind, sondern dass sie nur local vorkommen, dieselben Schichten also anderwärts breccienfrei sind, auch das Vorhandensein von „Lagerbreccien“ nicht zu erweisen ist.

Trotz der mannigfaltigen Erscheinungsformen unserer Breccien lassen sich dieselben im Allgemeinen doch folgendermaassen kurz beschreiben:

Das ursprünglich aus einer regelmässigen Wechsellagerung von epidotreichen und -ärmeren Aktinolithschiefern, Quarz-Aktinolithschiefer, Phyllit- und Graphitschiefer bestehende Schichtensystem ist in einzelne eckige, zuweilen auch etwas runde Stücke zerrissen, welche mehr oder minder stark durcheinander geschoben sind, so dass die ursprünglich schichtenförmige Anordnung der Schiefer nur noch annähernd erkannt werden kann. Besonders schwierig ist letzteres da, wo ausser der breccienartigen Zerreissung auch eine complicirte Faltung der Schichten stattgefunden hat, wie z. B. bei dem Bahneinschnitt neben der Steier Mühle im Thale der kleinen Striegis. Die einzelnen Schieferfragmente sind entweder, und zwar meistens, nur mit einer Kruste von Eisenoxyd überzogen oder aber von den unserem Aktinolithschiefersystem eigenthümlichen Gangmineralien, nämlich von Calcit, Chlorit, Quarz, Schwefelkies u. s. w. umgeben und so wie durch ein Bindemittel mit einander verbunden. Die Grösse dieser Bruchstücke ist sehr verschieden und schwankt zwischen Erbsen- und Hausgrösse. Ist dieselbe annähernd gleichmässig entwickelt, so haben wir jenachdem klein- oder grossstückige Breccien. Häufig jedoch liegen grössere und kleinere Fragmente durcheinander, und nicht selten erscheinen dann zwischen einzelnen Bruchstücken „schweifartige“ Partien kleinstückiger Breccien. Diese schweifartigen Partien und überhaupt alle kleinstückigen Breccien zeichnen sich gegenüber der grossstückigen Breccie und dem normalen Aktinolithschiefer dadurch aus, dass sie weit

mehr zersetzt sind als jene, so dass das Gestein oft ein schmutziges, unkrystallinisches Aussehen erhält. Wo kleinstückige Breccie von sehr grossstückiger umgeben wird, kann bei ungenügenden Aufschlüssen der Eindruck entstehen, als ob Breccie lagerförmig zwischen regelmässig geschichteten Aktinolithschiefern eingeschaltet sei (RUD. CREDNER's Lagerbreccie). Ein eingehendes Verfolgen dieser scheinbar ungestörten Aktinolithschieferlagen ergibt aber stets, dass wir es mit sehr grossstückiger Breccie zu thun haben, von der zufällig auf jene Aufschlussstellen nur ein einziges grosses Bruckstück fiel.

Die Entstehung dieser Aktinolithschieferbreccien erklärt sich sehr einfach, wenn wir die architektonischen Verhältnisse, wie sie auf Taf. IX. Fig. 1 dargestellt sind, in Betracht ziehen. Die Kraft, welche die mehrfachen Schichtenfalten des Erzgebirges erzeugte, äusserte sich als ein horizontal von SO. nach NW. wirkender Druck. Die ursprünglich jedenfalls annähernd horizontal gelagerten Culmschichten wurden dadurch also nicht bloss zu einer Mulde zusammengestaut, sondern auch nach NW. fortbewegt. Die Schichten des südöstlichen Muldenrandes befanden sich also ursprünglich weiter im SO. als jetzt. Mit dieser Zusammenfaltung ging aber am nordwestlichen Muldenrande zugleich eine Ueberschiebung Hand in Hand. Die Stelle dieser Ueberschiebung ist durch zahlreiche Zerreibungen und Verbiegungen der Gesteinsschichten charakterisirt. Das Liegende des Culmes wird im NW. von den Aktinolithschiefern der Phyllitformation, im SO. aber von Glimmerschiefern und Gneissen gebildet. Wo also jene Ueberschiebungen am bedeutendsten waren, ist der Glimmerschiefer und Gneiss über die Aktinolithschiefer geschoben worden, wie dies z. B. am rechten Thalgehänge der Zschopau bei Sachsenburg sehr deutlich zu sehen ist. Wo die Zusammenschiebung und Ueberschiebung hingegen weniger bedeutend war, ist nur eine Ueberschiebung des Aktinolithschiefers über sich selbst erfolgt, und solches ist bei Hainichen der Fall gewesen. Betreffs einer eingehenden Schilderung dieser Verhältnisse muss jedoch auf die Erläuterungen zu der demnächst erscheinenden Section Frankenberg verwiesen werden.

Verfolgt man jene ungefähr WSW—ONO streichende Ueberschiebung, so zeigt sich, dass die überschobenen Schichten nicht nur von vielen Verwerfungen und Verbiegungen, sondern auch von einer breccienartigen Zerstückelung heimgesucht sind, und es ist einleuchtend, dass diese letztere, welche lediglich auf die überschobenen Schichten beschränkt ist, durch jene Ueberschiebung bedingt und erst hervorgerufen worden ist. Die „Grünschieferbreccien“ bei Hainichen sind somit weder

zur Zeit der Entstehung der archaischen Schiefer, noch des Culmes, sondern erst nachträglich entstanden, als mit der Herausbildung der grossen Schichtenfalten des Granulitgebirges und Erzgebirges und der Culmmulde zugleich jene Ueberschiebung vor sich ging. Letztere hat aber ihren Anfang und ihre Hauptentwicklung in der Carbon- und Dyaszeit genommen, wenn schon die bis jetzt anhaltend thätigen, gebirgsbildenden Bewegungen unserer Erdoberfläche ebenfalls an ihrer weiteren Ausbildung mitarbeiteten.

In Uebereinstimmung mit der herrschenden Ansicht über Entstehung ähnlicher Breccienbildungen in den Alpen betrachten wir also den bei der Schichtendislocation mechanisch wirkenden Druck als die Hauptursache der Breccien bei Hainichen, und zwar zerlegt sich uns die Herausbildung derselben in folgende einzelne Vorgänge:

Allgemein, auch da, wo keine Ueberschiebungen stattgefunden haben, ist der Aktinolithschiefer bei Hainichen vielfach von Adern und Trümmern durchzogen. Diese Gangbildungen sind Ausfüllungen von Spalten und Rissen, welche in Folge der grossen Faltenbildung des Granulitgebirges entstanden sind, indem durch letztere spannende Kräfte in dem Gesteine wirkend wurden, welche, sobald sie die Cohäsion des Schiefers stellenweise zu überwinden im Stande waren, Risse und Spalten erzeugen mussten. Wie bei jeder Schichtenbiegung in den peripherischen Theilen die spannenden Kräfte die grösste Stärke erlangen, so wird auch in den peripherischen Theilen des grossen Schichtengewölbes, welches das Granulitgebirge bildet, — hier also in den Aktinolithschiefern — die Wirkung spannender Kräfte am auffallendsten sein müssen. Damit stimmt denn auch das reichliche Vorhandensein von Spalten und Rissen vollständig überein. Da letztere aber stets nachträglich mit Gangmineralien ausgefüllt worden sind, welche in der Hauptsache aus einer Zersetzung des Nebengesteins hervorgegangen sind, so ergibt sich schon hieraus der durch die Erfahrung bestätigte Schluss, dass mit dem Grade mechanischer Zerreiſung auch die Intensität chemischer Umwandlung des Gesteines steigt und fällt. Den Weg der Zersetzung und die daraus entstehenden Neubildungen haben wir bereits im petrographischen Theile kennen gelernt.

Nachdem also die Aktinolithschiefer durch Spalten und Risse vielfach netzförmig zerrissen waren (Taf. IX Fig. 3), trat, wie bereits erwähnt, in der Längserstreckung einer von ONO. nach WSW., also von Sachsenburg über Crumbach bei Hainichen nach Pappendorf streichenden Linie eine Ueberschiebung und gewaltsame Zusammenstauung der Schichten ein. Der Druck, welcher dies bewirkte, fand aber ein Gestein vor, dessen Co-

häsion bereits stellenweise durch zahlreiche Spalten zerstört war; er konnte in Folge dessen nicht gleichmässig auf das ganze Gestein, d. h. dessen einzelne Bestandtheile wirken und dadurch eine Zusammenpressung oder Faltung der Schichten hervorrufen, sondern musste in der Richtung der geringsten Cohäsion, also auch des geringsten Widerstandes im Gesteine eine Zusammenpressung, gegenseitige Zerdrückung und Ineinanderschiebung der einzelnen, durch die Spaltenbildung isolirten Gesteinspartieen erzeugen (Taf. IX. Fig. 4). Waren letztere klein, vielleicht erbsen- bis kopfgross, das Spaltensystem also sehr feinmaschig, so erhielt das Gestein durch die Wirkung jenes Druckes ein ausgeprägt breccienartiges Aussehen, das umso mehr zurücktritt, je grösser die einzelnen gegenseitig verschobenen Gesteinspartieen sind. Erreichen oder übersteigen deren Dimensionen aber Hausgrösse, so geht der breccienartige Charakter verloren, und wir haben ein durch zahlreiche Verwerfungsspalten stark zerstückeltes Schichtensystem vor uns, das auch da, wo Lehmboden jene Spalten ganz oder theilweise verdeckt, sich durch ein rasch aufeinanderfolgendes, regelloses Wechseln der Gesteinsvarietäten und des Streichens und Fallens ihrer Schichten kund giebt. Gewöhnlich jedoch tritt auf den Spalten kleinstückige Breccie in grösserer oder geringerer Mächtigkeit auf, welche schweifartige Partieen bildet, indem sie sich zwischen jenen grösseren Stücken oder Felsblöcken hinzieht und häufig auch auskeilt. Verursacht ist sie dadurch, dass theils schon von vornherein jene Spalten nicht ganz einfache Risse darstellten, sondern von ihnen aus zahlreiche kleine Sprünge und Risse auf kurze Erstreckung in das Gestein liefen und so längs den Hauptspalten eine kleinere Zerstückelung hervorriefen, theils dass bei der gegenseitigen Verschiebung der grösseren Felsblöcke durch die Reibung längs der Spalten sich einzelne, kleinere Stücke gewaltsam loslösten und eine kleinstückige Reibungsbreccie bildeten. Wir haben bereits weiter oben gesehen, dass die liegendsten Schichten der Culmformation zum Theil nur aus eckigen bis rundlichen Aktinolithschieferstücken bestehen, die dadurch mit der Aktinolithschieferbreccie eine so grosse Aehnlichkeit erhalten, dass sie oft als zusammengehörige Bildungen aufgefasst wurden und ihre Unterscheidung in der That nicht selten sehr schwierig wird. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Bildungen besteht indess gemäss ihrer Entstehung darin, dass jene Culmschichten eine gänzlich regellose Vermischung aller möglichen Aktinolithschiefervarietäten zeigen, während die Breccien doch stets eine, wenn häufig auch sehr verdeckte, lagenweise Anordnung der Fragmente verschiedener Gesteinsvarietäten erkennen lassen (Taf. IX. Fig. 2), so dass danach sogar nicht

selten im Grossen das Streichen und Fallen der breccienartig zerdrückten Schichten bestimmt werden kann. Die im Striche blutrothen Ueberzüge von Rotheisenerz, welche die einzelnen Gesteinsfragmente bedecken, zeigen übrigens zuweilen auf ihrer stark glänzenden Oberfläche durch Rutschstreifen die Bewegung an, welcher jene Bruchstücke ausgesetzt waren.

Bereits weiter oben haben wir die Abhängigkeit hervorgehoben, in welcher die chemische Umwandlung unserer Schiefer zu deren mechanischen Zerreissung steht. Demgemäss finden wir denn auch, dass im Gebiete der Breccien die chemischen Veränderungen viel bedeutender sind, als in dem in seinen Lagerungsverhältnissen weniger gestörten Aktinolithschiefer. Besonders in der kleinstückigen Breccie hat in Folge dessen der Schiefer häufig seinen krystallinischen Habitus fast ganz verloren, und das sonst dunkelgrüne und trotz der Feinkörnigkeit der Gemengtheile, insbesondere durch den eigenthümlichen Glanz des Aktinolithes verstärkte krystallinische Aussehen hat schmutzig graugrünen Farben und einer dichten Beschaffenheit Platz gemacht, welche sogar zu dem Glauben verführt hat, dass hier Kalkstein vorläge. Auf solchen Schichten unternommene Schürfversuche und in's Gebirge getriebene Stollen sind die unverwischbaren Zeugen dieses Irrthums.

Untersucht man ein solches Gestein mikroskopisch, so findet man, dass von den ursprünglichen Gemengtheilen nur noch ein Feldspathskelett übrig geblieben ist, zwischen das sich Calcit, Chlorit und kleinste Eisenerzpartikel als secundäre Mineralien angesiedelt haben. Der Feldspath ist meist verhältnissmässig noch frisch und mit deutlicher trikliner Zwillingsstreifung versehen. Epidot und Aktinolith hingegen sind gänzlich verschwunden und der Kalk-, Magnesia- und Eisengehalt derselben hat sich theils als Chlorit, theils als Calcit wieder ausgeschieden und bildet so einerseits Gänge, Adern und Trümer in dem Gesteine, andererseits imprägnirt er das Gestein selbst so sehr, dass dasselbe sein äusseres Ansehen dadurch wesentlich verändert hat.

Der Phyllit, welcher untergeordnete Einlagerungen in unseren Aktinolithschiefern bildet, hat gewöhnlich hellviolette Farben und besteht aus einem mikrokrystallinischen Gemenge von Quarz, Kaliglimmer, jenen kleinen Thonschiefernädelchen, einzelnen Turmalinsäulchen und kleinen Eisenerzpartikeln. Im Gebiete der Breccienbildung sind dieselben jedoch nicht selten intensiv grün gefärbt. Das Pigment, welches durch Salzsäure dem Gesteine entzogen werden kann, ist, wie das Mikroskop lehrt, Chlorit, welcher in kleinen Schüppchen das Gestein erfüllt, dessen Anordnung im Gesteine aber augenscheinlich nicht an die Schichtung gebunden ist. Diese grünen Phyllite

bilden nur wenig mächtige Einlagerungen im Aktinolithschiefer; der Chlorit stammt aus dem letzteren und ist ebenso, wie zuweilen der kohlen saure Kalk, in die Phyllite infiltrirt worden. Diese Phyllite hat RUD. CREDNER als Sericitphyllite beschrieben. Indessen dürfte betreffs des in einigen Varietäten gefundenen Sericites eine Verwechslung mit Calcit vorliegen¹⁾, während die blaue Färbung mit Kobaltsolution geglühter Splitter durchaus nicht die Anwesenheit von Sericit, sondern nur von Thonerde erweist. Unter den glimmerartigen Mineralien konnten wir hingegen nur Kaliglimmer und Chlorit in unseren Präparaten finden, — der Name Sericitphyllit hat somit keine Berechtigung.

Trotz der bedeutenden und mannigfachen chemischen Zersetzungen und Umbildungen lässt sich im Allgemeinen constatiren, dass gewisse secundäre Mineralien hauptsächlich an gewisse Gesteinsvarietäten geknüpft sind. Der Epidot-Aktinolithschiefer führt auf Hängen und Trümmern vorwaltend Calcit, der Quarz-Aktinolithschiefer aber Quarz. Auch da, wo der Quarz-Aktinolithschiefer nur einige Decimeter mächtige Lagen bildet, finden wir, besonders wo er breccienartig zerdrückt ist, ihn ganz durchschwärmt von Quarzadern, die aber am hangenden und liegenden Epidot-Aktinolithschiefer sofort abstossen. Zwar ist letzterer ebenfalls von Adern ganz durchzogen, aber dieselben führen hauptsächlich Calcit, zuweilen auch viel Chlorit und Rotheisenerz. Der Umstand, dass der Quarz-Aktinolithschiefer bei seiner Zersetzung besonders viel freie Kieselsäure, der Epidot-Aktinolithschiefer aber viel kohlen sauren Kalk lieferte, trägt zwar zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung ein Wesentliches bei, scheint aber doch nicht ganz ausreichend zu sein. Es drängt sich uns wohl natürlich die Vermuthung auf, dass der grosse Quarzgehalt des Quarz-Aktinolithschiefers das Auskrystallisiren der in dem durch das Gestein circulirenden Wasser in Lösung befindlichen Kieselsäure wesentlich beeinflusst und erleichtert habe.

Wir haben also gesehen, dass die physikalischen Veränderungen, welche in Folge mechanisch wirkenden Druckes in den Aktinolithschiefern stattgefunden haben, und als deren Resultat die Breccienbildung in diesen Schiefnern gelten muss, zugleich mit chemischen Umwandlungen verbunden waren, welche zwar von den im Gesteine vor sich gehenden, gewöhnlichen Umwandlungen nur dem Grade nach verschieden, aber doch geeignet waren, den äusseren Habitus der Gesteine stellenweise wesentlich zu verändern. Als die Ursache dieser graduellen Ver-

¹⁾ E. KALKOWSKY, Ueber grüne Schiefer Niederschlesiens. In TSCHERMAK, Miner. Mitth. 1876 pag. 113.

schiedenheit der chemischen Veränderungen können wir nur jene mechanisch wirkenden Kräfte ansprechen, indem wir hierbei betreffs Erhöhung der Löslichkeit durch Druck auf das bei den Geröllern mit Eindrücken Gesagte verweisen. Weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete wird es allerdings vorbehalten bleiben müssen, über den Einfluss des Druckes auf chemische Vorgänge näheres Licht zu verbreiten. BALTZER¹⁾, der sich mit der Breccienbildung und Marmorisierung des Hochgebirgskalkes der Alpen — einer Erscheinung, welche die grösste Aehnlichkeit mit unserer Breccienbildung hat — eingehender beschäftigte, kommt zu dem Resultate: „Die Ursache der Marmorisierung dürfte daher nur eine mechanische sein: wahrscheinlich Druck und Zug bei der langsam erfolgenden Gebirgsfaltung, verbunden mit der dabei erzeugten, lange andauernden Frictionswärme, wodurch eine krystallinische Umgruppierung der kleinsten Theilchen erfolgte. Wir haben hier eine durch Pressung, Faltung und Biegung erzeugte Metamorphose des Hochgebirgskalkes.“ Die näheren Vorgänge, bei welchen diese Umgruppierung der kleinsten Theilchen vor sich gegangen sein soll, lässt BALTZER zwar unberührt, doch hat er jedenfalls auch an chemische Vorgänge dabei gedacht, wenn er von der Umwandlung der „dichten, von humusartigen Kohlenstoffverbindungen dunklen Substanz des Hochgebirgskalkes“ in hellen und ausserordentlich fein krystallinischen Marmor spricht.

Erklärung der Tafeln.

Tafel IX.

Figur 1. Profil von Schlegel über den Pöhlberg bis zur Cunnersdorfer Höhe, quer durch das Culmbecken. a. Glimmerschieferformation, a₁ Glimmerschiefer des Granulitgebirges, a₂ muthmaassliche Verbreitung des Glimmerschiefers in der Tiefe, a₃ Gneisse und Glimmerschiefer von Cunnersdorf und Mobendorf. — b Aktinolithschiefer der Phyllitformation, b₁ Epidot-Aktinolithschiefer, b₂ Quarz-Aktinolithschiefer. — c Culmformation, c₁ ausschliessliches Aktinolithschieferconglomerat, c₂ Grundconglomerat, c₃ Pflanzenreste- und Kohlen-führender Culm. Maassstab 1:25000 der nat. Grösse.

Figur 2. Aktinolithschiefer, bestehend aus einem Lager von a Quarz-Aktinolithschiefer, b Epidot-Aktinolithschiefer, breccienartig verdrückt. $\frac{2}{3}$ der nat. Grösse.

Figur 3. Aktinolithschiefer, von Spalten durchzogen.

Figur 4. Aktinolithschiefer, breccienartig verdrückt.

¹⁾ A. BALTZER, Beiträge zur Geognosie der Schweizer-Alpen, N. Jahrb. 1877 pag. 1–20.

Figur 5 a. Theil eines Quarzitgerölles (Dünnschliff) vom Lichtenstein bei Hainichen, mit 2 sich kreuzenden Sprungsystemen und stellenweiser Zerdrückung der Quarzkörner. Das Quarzitgerölle zeigte Verdrückungen und Eindrücke und das Material zum Dünnschliffe war gerade zwischen 2 Eindrücken herausgenommen. Linear-Vergrösserung 20fach. Um das Bild nicht undeutlich zu machen, wurde nur ein Theil der Sprunglinien eingetragen, von denen in Wirklichkeit ungefähr 10mal so viel, nämlich 240, auf die dargestellte Fläche fallen.

Figur 5 b. Natürliche Grösse der durch 5 a. dargestellten Fläche.

Tafel X.

Figur 6. Quarzitgerölle vom Lichtenstein bei Hainichen, zerdrückt und mit 2 unebenen Eindrücken, von denen der eine auf der der Abbildung gerade entgegengesetzten Seite liegt. Natürliche Grösse.

Figur 7. Quarzitgerölle von ebenda, zerdrückt und mit mehrfachen glatten Eindrücken versehen, von denen 2 auf der Abbildung sichtbar sind. Die obere und die untere Hälfte des Gerölles sind ausserdem durch eine Horizontaldrehung gegenseitig verschoben. Natürl. Grösse.

Druckfehlerverzeichniss

für Band XXXI.

- | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|----|-------|---------|------------------------|--------------|------------------------------|-------------|
| S. | 69 | Z. | 15 | v. o. | lies: | „Zevenaar“ | statt | Jevenaar. | |
| - | 71 | - | 3 | v. o. | - | „nicht schwer“ | statt | nur schwer. | |
| - | 89 | - | 17 | v. o. | - | „Gletscherwässern“ | statt | Gletschermoränen. | |
| - | 90 | - | 6 | v. o. | - | „Connewitz“ | statt | Cormewitz. | |
| - | 95 | - | 3 | v. u. | - | „Ice-Fjords“ | statt | See-Fjords. | |
| - | 95 | - | 1 | v. u. | - | „Belsounds“ | statt | Belsomids. | |
| - | 99 | - | 28 | v. o. | - | „60000 Qu.-Kilom.“ | statt | 60000 Qu.-Meilen. | |
| - | 100 | - | 4 | v. u. | - | „100 Fuss (31,37 M.)“ | statt | 100 Fuss (13,37 M.). | |
| - | 219 | - | 29 | v. o. | - | „Culmfauna“ | statt | Culmflora. | |
| - | 220 | - | 9 | v. o. | - | „Floren“ | statt | Flora. | |
| - | 358 | - | 6 | v. o. | - | „herausgepresst“ | statt | gesprengt. | |
| - | 363 | - | 8 | v. o. | - | „und“ | zwischen | Zusammenstellung
und der. | |
| - | 365 | - | 18 | v. o. | - | „Gesteinsfeuchtigkeit“ | statt | -thätigkeit. | |
| - | 367 | - | 20 | v. u. | - | „Rissen“ | statt | diesen. | |
| - | 374 | - | 21 | v. o. | - | „Pulverisirung“ | statt | Polarisirung. | |
| - | 380 | - | 8 | v. u. | - | „die“ | statt | der. | |
| - | 382 | - | 14 | v. u. | - | „Grünschiefer“ | statt | Glimmerschiefer. | |
| - | 383 | - | 20 | v. u. | - | „0,71“ | statt | 8,71. | |
| - | 384 | - | 9 | v. u. | - | „4,10“ | statt | 4,40. | |
| - | 385 | - | 6 | u. | 7 v. u. | lies: | Natron 5,77“ | statt | Natron 0,97 |
| - | | | | | | | „Kali 0,94“ | statt | Kali 5,77. |
| - | 662 | - | 1 | v. o. | lies: | „südlichen“ | statt | nördlichen. | |

Fig. 1.

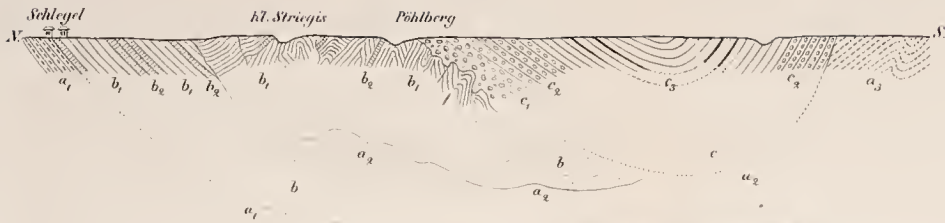


Fig. 2.

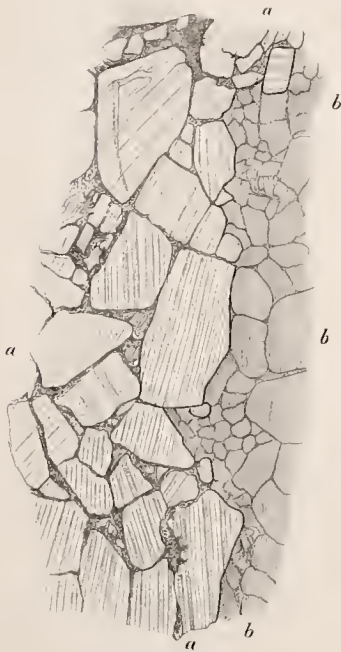


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

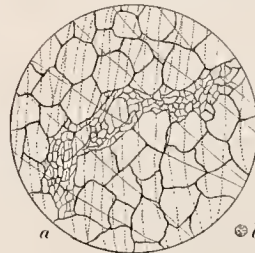


Fig. 6.

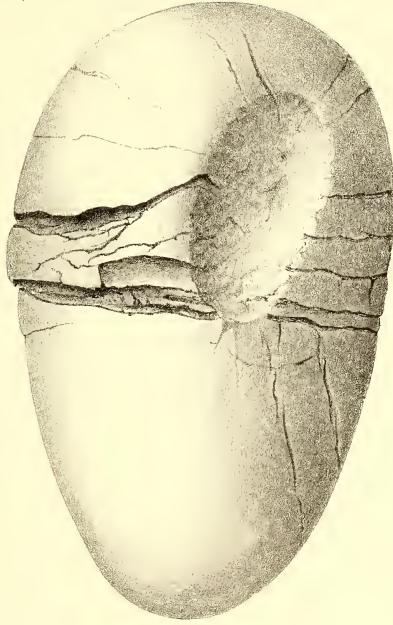
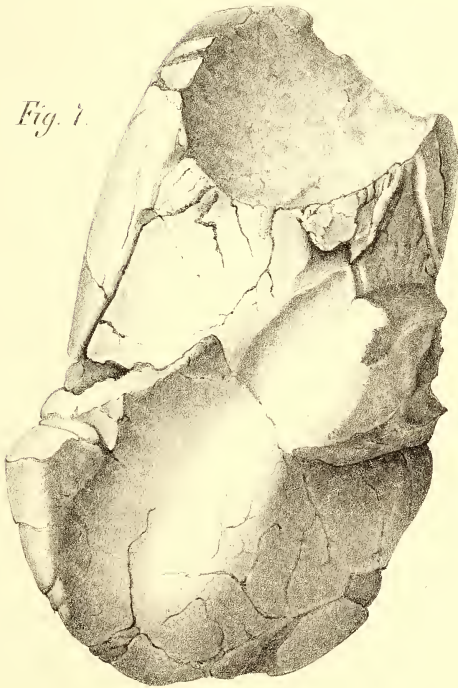


Fig. 7.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Rothpletz August

Artikel/Article: [Ueber mechanische Gesteinsumwandlungen bei Hainichen in Sachsen. 355-398](#)