

Über Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft.

Von **Eduard Suess.**

(Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.)

Kontraktion des Planeten — Inkompetenz und Gare — Gare im Bänderkalk — Gare in Massengestein — Eis — Spannungen in Basalt — Bergschläge — Summierung — Diaklase und Paraklase — Folgerungen.

(Die Abschnitte, betreffend die Gare, waren der Gegenstand eines am 7. März 1913 in der Geologischen Gesellschaft gehaltenen Vortrages.)

Elie de Beaumont hatte 1828 bis 1830 die Bedeutung erkannt, welche Diskordanzen für die Chronologie der Gebirge besitzen. Ergriffen von diesem schönen Gedanken, glaubte er, jedem Gebirge ein bestimmtes Datum zuweisen und zugleich zeigen zu können, daß parallele Gebirge von gleichem Alter seien. Diese Meinungen trafen auf Widerspruch. Boué behauptete, die Alpen seien nicht mit einem Schläge entstanden, sondern seien das Erzeugnis verschiedenartiger Vorgänge aus verschiedenen Zeiten. Die große schottische Schule verfolgte eine andere Richtung. In Deutschland herrschte ohne Widerspruch die Ansicht L. v. Buch's, daß jedes Gebirge eine eruptive Achse besitze, welche die Sedimente aufgerichtet und auseinander gedrängt hätte.

Wenig beachtet wurde der Umstand, daß Elie de Beaumont auch bereits 1829 versuchte, die Bildung der Gebirge mit einer Kontraktion des Erdkörpers in Verbindung zu bringen. Eingenommen von seinen chronologischen Studien, hat er diese Auffassung zwar ausgesprochen, aber nur mit geringem Nachdrucke behandelt.

In Deutschland dürfte Carl Fr. Schimper der erste gewesen sein, der mit Entschiedenheit die Entstehung der Gebirge durch Kontraktion vertrat.

Schimper war mit der Erforschung der bayrischen Kalkalpen beauftragt und richtete im Jahre 1840 infolge dieser Studien einen Brief an die zu Erlangen tagende Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte, in dem man liest: „Alles beweist, daß die Erhebung sowohl gewölbter, als imbrizierter

Massen infolge jenes Horizontaldruckes entstanden ist, den sich eine schwere Erdrinde selbst geben mußte, als der Erdkern, auf dem sie aufliegt, kleiner wurde“. Auf die überall wiederkehrenden Facta fänden die gangbaren Theorien nicht einmal beiläufig eine Anwendung, „weshalb man auch gleichsam blind für dieselben geblieben ist“.

Schimper war ein warmblütiger Mann und von der Richtigkeit dessen, was seine Augen in den bayrischen Alpen gesehen, so tief überzeugt, daß er in diesem Briefe auch scharf geprägte Worte nicht sparte. Er war bei der Verlesung seines Briefes nicht anwesend; L. v. Buch trat ihm wie es scheint (der Wortlaut ist nicht bekannt) nicht minder scharf entgegen. Schimper's Stellung in München war unhaltbar geworden. Er wendete sich später der Botanik zu, fand keine andere Stellung mehr, und starb im Jahre 1867, ohne den Triumph seiner Ideen zu erleben. Es ist das Verdienst des Dr. Eyrich in Mannheim, die Erinnerung an Schimper wieder erweckt zu haben.¹⁾

Zur gleichen Zeit waren die Brüder Rogers in den Appalachen tätig. Sie entwarfen ein großes Querprofil, das den wellenförmigen Bau dieses Gebirges zeigte und das im Jahre 1842 vor der British Association Aufsehen erregte. So regelmäßig erschien ihnen dieser Bau, daß er sie zu einer fremdartigen, von H. D. Rogers noch im Jahre 1856 ausführlich dargelegten Theorie führte. Durch das Aufsteigen geschmolzener Massen und heißer Dämpfe, meinte dieser, sei eine Aufblähung der Erde entstanden; durch plötzliche Entlastung auf Sprüngen seien in der unterliegenden geschmolzenen Masse heftige Pulsationen erregt worden, diese hätten sich der Decke mitgeteilt und diese sei zugleich schwimmend vorwärts getragen worden. Auf diese Weise seien die überschlagenen Falten entstanden, deren Hangendffügel, wie Rogers richtig erkannte, stets gegen vorwärts überschoben ist. Die Erdbeben

¹⁾ Bericht über die Tätigkeit d. naturwiss. Sektion d. Schles. Gesellschaft im Jahre 1887; S. 115—120; hier auch der Wortlaut des Briefes; ferner: O. Volger, Leben und Leistungen des Naturforschers Karl Schimper; Tagblatt d. 62. Vers. d. Naturf. u. Ärzte zu Heidelberg, 1889. — In späteren Jahren hat der Bergrat von Dücker die Ansicht, daß die Gebirge durch Schrumpfung der Erde entstanden seien, auf den Naturforscher-Versammlungen vertreten, so namentlich zu Gießen, 1864.

seien ähnliche Pulsationen, vorwärts bewegt in parallelen, niedrigen Wellen.²⁾

Beeinflußt wahrscheinlich durch die damals noch herrschende Meinung von dem fächerförmigen Bau des Mont blanc, setzte E. de Beaumont zweiseitigen Druck „wie im Schraubstocke“ voraus. Bald aber kam die Einseitigkeit der Bewegung mehr und mehr zur Geltung. Schon im Jahre 1856 sah Studer, daß „der Seitendruck, den die Zentralmassen auf ihrer Mittagsseite erlitten haben, größer gewesen sein müsse, als der von ihnen nach dieser Seite ausgeübte“ und im Jahre 1860 gab er zu, daß man eine außerordentlich große seitliche Kraft annehmen müsse, die von den Alpen gegen außen wirkte. Unter der piemontesischen Ebene vermutete er bereits 1859 einen zurückgesunkenen Teil der Cottischen Alpen. Diese Äußerungen waren um so bedeutungsvoller, als Studer für den genauesten Kenner der Alpen galt und jene viel weiter gehenden Ansichten über die Macht der orogenetischen Kraft nicht teilte, die schon damals in der Schweiz von Escher vertreten wurden.³⁾

Selbständig entwickelten sich die Ansichten in Nordamerika. Die Ergebnisse Dana's näherten sich jenen Gleichgewichtstheorien, die heute mit dem Worte Isostasie bezeichnet werden. Sie führten in ihrer weiteren Ausführung zu der mit dem Baue der Vereinigten Staaten gut übereinstimmenden Meinung, daß die Gebirgsketten von dem Meere her in der Richtung gegen das Festland sich bilden; freilich kann eingewendet werden, daß ein in Asien lebender Geologe heute mit ziemlich dem gleichen Rechte behaupten dürfte, daß sie im Gegenteile vom Kontinente gegen das Meer hinaus sich aufbauen. Daneben bezeichnete Leconte im Jahre 1872 die Gebirgsketten als jene Linien, an denen die Erdoberfläche einem aus der Kontraktion hervorgehenden horizontalen Drucke sich gefügt hat. Kontinente und Ozeane möchten aus radialer Kontraktion hervorgegangen sein.⁴⁾

²⁾ H. D. Rogers, On the Laws of Structure of the more disturbed Zones of the Earth's Crust; Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 1856, Bd. XXI, Heft 3, S. 463.

³⁾ B. Studer, Geol. d. Schweiz, 8^o, 1851, Bd. I, S. 200 und S. 57; ders. Les Couches en C dans les Alpes; ein Blatt 4^o, 1860.

⁴⁾ Americ. Journ. of Science and Arts, 1872, Bd. IV, Heft 3, S. 354.

Für die Alpen konnte im Jahre 1873 gesagt werden, daß sie samt den Karpathen einheitlich gegen Nord bewegt und dabei von Böhmen bis Mittel-Frankreich an entgegengesetzten älteren Massen gestaut und in ihrem Verlaufe beeinflusst waren.⁵⁾ In der weiteren Ausführung dieser Sätze wurde versucht, die Beziehungen zur Kontraktion der Erde zu verfolgen und die Passivität der eruptiven Felsarten bei diesen Vorgängen nachzuweisen.⁶⁾ Alb. Heim war auf den gleichen Weg geführt worden und sein 1878 erschienenes Werk über den Mechanismus der Gebirgsbildung war in seinen Grundsätzen eine Bestätigung und wesentliche Befestigung dieser Anschauungen.⁷⁾

Während dieser Zeit erwachte der Kontraktionstheorie in Amerika Gegnerschaft. Der Paläontologe James Hall suchte nach lokalen Erklärungen; Capt. Dutton war der Führer unter den Gegnern.⁸⁾ Dana und Leconte verteidigten ihre Ansichten.⁹⁾ Die wichtigsten Einwendungen waren 1. daß die Vereinigung der Wirkungen der Kontraktion auf einzelne Linien undenkbar sei ohne Schleifen oder Scheren eines höheren Teiles des Erdkörpers über einen tieferen, und 2. daß der Wärmeverlust nicht ausreiche, um so große Kontraktion hervorzubringen. Dabei blieb die Frage nach Bildung der Kontinente außer Betracht.

Es ist nicht möglich, in die Einzelheiten der folgenden Diskussion einzugehen. Bemerkte mag nur sein, daß in England O. Fisher sich in mehreren Schriften gegen die Kontraktionstheorie aussprach.¹⁰⁾ Nun folgte eine Reihe von Veröffentlichungen, die wie O. Fisher das ganz unzureichende Maß der Kontraktion ziffermäßig zu erweisen suchten. Ver-

⁵⁾ Anzeiger Akad. Wien, 17. Juli 1873, S. 130, 131.

⁶⁾ Die Entstehung der Alpen, 8^e. 1875.

⁷⁾ A. Heim, Untersuch. über d. Mechanismus d. Gebirgsbildung; Bd. II, 4^o u. Atlas; 1878, Basel.

⁸⁾ C. E. Dutton, insb. in: Critical Observations on Theories of the Earth's Physic. Evolution; Americ. Journ. of Science and Arts, 1874, Bd. VIII, Heft 3, S. 113 und folg.

⁹⁾ J. Dana, On some Results of the Earth's Contraction from Cooling; ebendas. 1873, Bd. V, S. 5; Jos. Leconte, On the Structure and Origin of Mountains with spec. reference to the »Contractional Theory«; ebendas. 1878, Bd. XVI, S. 96—112 insb. S. 105.

¹⁰⁾ Insb. in seinen Physics of the Earth's Crust, 8^e, 1881, S. 34 und S. 72.

gebens wies Darwin auf die geringe Zuverlässigkeit vieler der Voraussetzungen hin, auf welche ähnliche Berechnungen gestützt waren. Vergebens zeigte Davison, daß O. Fisher angenommen hatte, der Ausdehnungskoeffizient sei konstant, während die Leitfähigkeit wahrscheinlich mit der Temperatur zunehme; diese Änderung allein stürze Fisher's Ergebnis um.¹¹⁾ Vergebens wurde aufmerksam gemacht, daß bei der Abkühlung des Erdkörpers in früheren Zeiten nicht nur der Verlust an strahlender Wärme, sondern auch die fortschreitende Entgasung in Betracht kommt, wie sie heute noch im größten Maßstabe der Sonnenkörper zeigt und die Erde einen Rest in ihren Vulkanen darbietet.

Die schematischen Anschauungen Fisher's von einem homogenen Erdkörper, einem konstanten Temperaturgradienten und auch von einer gleichmäßig und in den einzelnen Gebirgsketten von entgegengesetzten Seiten wirkenden Kontraktionskraft haben bis in die letzten Jahre einzelnen bedeutenden Mathematikern als Grundlagen der Berechnung gedient. Diese haben a priori zu Ergebnissen geführt, die den Erfahrungen des beobachtenden Geologen nicht entsprechen. Die Kenntnis von dem Innern des Erdkörpers hat seither wesentliche Fortschritte gemacht. Wiechert teilte die Erde in drei Sphären, den Kern, den Mantel und die Schale. Es darf angenommen werden, daß diese Sphären dieselben sind, die an anderer Stelle als Nife (Nickeleisen), Sima (Magnesiumsilikate) und Sal (Tonerdesilikate) bezeichnet worden sind.¹²⁾

Hiemit ändern sich alle Grundlagen der Rechnung; die letzte Rechnung auf dieser neuen Grundlage, die mir vorliegt, hat K. Feuerstein geliefert.¹³⁾ Die Ziffern führe ich nicht an,

¹¹⁾ Ch. Davison, On the Straining of the Earth resulting from secular Cooling; Philos. Mag. Februar, 1896, S. 133—138.

¹²⁾ Amerikanische Petrographen haben bereits vor Jahren an der Erdoberfläche salische und femische Felsarten unterschieden; die Betrachtung des ganzen Planeten erforderte die Trennung von Fema in Sima und Nife, welches letztere an der Oberfläche nur in seltenen Spuren sichtbar wird. Antlitz d. Erde. Bd. III, Heft 2, S. 625 und folg.

¹³⁾ K. Feuerstein, Elastischer Zustand und Spannungsverteilung im Erdinnern; Inaug.-Dissert. Freiburg i. Breisgau, 1912, 8°, S. 70. Einen Vorbehalt möchte ich nur in betreff der Auflockerung unter den Kontinenten (S. 62) beifügen. Sie bezieht sich auf Isostasie und bleibt ohne Einfluß auf die übrigen Berechnungen.

da sie nur für eine „glattpolierte Kugelfläche und unnachgiebiges Material“ gelten würden. Es reicht hin zu wissen, daß der Schluß hier zur Gebirgsbildung als einer naturgemäßen Folge der gegebenen Verhältnisse führt.

Im Jahre 1883 konnte an einen Versuch geschritten werden, die Gesamtheit der Erdoberfläche zu überschauen. Diesem Versuche wurde als eine Arbeitshypothese die Ansicht unterlegt, daß die Dislokationen der Erde das Ergebnis von Bewegungen sind, die aus der Verringerung des Volums unserer Planeten hervorgehen. Die erzeugten Spannungen, wurde gesagt, zeigen das Bestreben, sich in tangentiale (das ist schiebende und faltende) und in vertikale (senkende) Bewegungen zu zerlegen.¹⁴⁾

Die räumliche Verteilung der Gebiete größerer Äußerung der einen oder der anderen dieser beiden Kräfte ist von entscheidendem Einflusse auf den Plan im Antlitze der Erde.

Zu der radialen Kraft fügt sich der Einfluß der Schwere, und aus dieser Vereinigung geht der bezeichnendste Zug in diesem Antlitze hervor, nämlich die Lage und die Tiefe der Ozeane. Daß die Ozeane Senkungsfelder seien, war eine Annahme ohne Beweise, so lange man allen ozeanischen Inseln vulkanischen Ursprung zuwies. Heute ist bekannt, daß das Gebirge, das an den armoricanischen Riasküsten Europa's im südwestlichen Irland und der Bretagne unter das Meer sinkt, durch diskordanten Culm und horizontales Perm gekennzeichnet ist, und daß nicht nur die gleichen Merkmale jenem Gebirge zukommen, das auf der anderen Seite des Ozeans in der Riasküste Neufundlands hervortritt, sondern daß auch auf beiden Seiten des Meeres die dem Culm aufgelagerten Kohlenflötze eine Folge von übereinstimmenden Floren enthalten. Auf Hierro, der südwestlichsten der Canarischen Inseln, tritt mittlere Kreide auf¹⁵⁾ und auf der Insel Maio, einer der Capverden, erscheint Aptychenkalk.¹⁶⁾ Auf den Azoren, auf Madeira und Porto Santo kommen mediterrane Meeres-

¹⁴⁾ Antlitz der Erde, Bd. I, Heft 1, S. 143.

¹⁵⁾ D. Cottreau et Paul Lemoine, Sur la Présence du Crétacé aux Iles Canaries; Bull. Soc. géol. 1910, Bd. X, S. 267—270.

¹⁶⁾ Imm. Friedländer, Anzeiger Akad. Wiss., Wien, 17. Oktober 1912, S. 353, 354.

ablagerungen vor, wie an der Tajo-Mündung. Auf Madeira erreichen sie 411 m. Man hat das für ein Zeichen junger Hebung angesehen, aber in Niederösterreich wird die gleichzeitige Strandhöhe auf mehr als 400 m geschätzt. Diese Inseln zeigen wie Mittel-Europa das Bild von Landstrichen, die bald vom Meere bedeckt waren und bald trocken lagen.

Mitten im pazifischen Ozean ist in Viti Levu ein Stück eines alten, zum Teile granitischen Festlandes sichtbar. Eine steil aufgerichtete und gefaltete Zone von tertiärem Lepidocyclinenkalk streicht durch einen Teil der Neu-Hebriden. Die Ogasawarakette, die den Osten der Bonin-Inseln bildet, besteht aus aufgerichtetem Nummulitenkalkstein mit diskordant und flach angelagertem Lepidocyclinenkalk. Viele weitere Beispiele könnten angeführt werden und nach und nach enthüllt sich das Bild alten Festlandes und älterer, sowie jüngerer Faltengebirge, die aus den Meeren aufragen oder, wie das armoricanische Gebirge, ihr Fortstreichen unter dem Meere vermuten lassen.

Zugleich verrät die heutige Landbevölkerung und die heutige Flora in ihrer Verwandtschaft mit jener der Kontinente, daß z. B. die Azoren, die Canaren und die Capverden sicher nicht mit dieser heutigen Besiedelung aus dem Meere emporgehoben sein können, sondern Stücke von Kontinenten, folglich Horste sind.

Die Tiefe der Ozeane im mittleren Ausmaße von etwa 4000 m (ohne die Vortiefen) ist daher ein Erzeugnis der radialen Kontraktion, vermehrt durch die Schwere. Dabei bleiben allerdings noch weitgreifende Fragen zu prüfen, so insbesondere, ob nicht ein sehr wesentlicher Teil der heutigen Wassermenge der Ozeane aus der Entgasung des Himmelkörpers hervorgegangen und zur Verminderung seines Volums beigetragen hat,¹⁷⁾ und daneben die weitere Frage, ob die tiefen Temperaturen der tieferen Meere vermehrte örtliche Abkühlung hervorbringen könnten.¹⁸⁾

Spuren heute vor sich gehender Senkungen in der Gestalt von Verwerfungen sind an nicht wenig Orten bekannt.

¹⁷⁾ z. B. F. Freih. v. Richthofen, Das Meer und die Kunde vom Meer; Rektoratsrede, Berlin 1904, insb. S. 12 und folg.

¹⁸⁾ A. Trabert, Eine mögliche Ursache der Vertiefung der Meere; Sitzungsber. Akad. Wien, 1911, Abt. II^a, Bd. CXX, S. 175—186.

Bereits vor einer Reihe von Jahren hat Reyer sehr junge Verwerfungen an der kalifornischen Sierra Nevada beschrieben und spätere Beobachter haben Ähnliches an verschiedenen Orten getroffen. Ich verzichte auf die Anführung von Beispielen.

Weit seltener sind die Anzeichen heutiger tangentialer Bewegung.

Als eines der Beispiele könnten Teller's Angaben aus dem Karawankentunnel gelten. Hier, gerade an der Nordgrenze der Dinariden, gelangte dieser sehr zuverlässige Beobachter zu der Überzeugung, daß wahre tektonische Bewegung von SSW gegen NNO bis heute kennbar sei. Sein Bericht schließt mit den Worten: „Es unterliegt wohl keinem Zweifel . . . daß wir hier noch die Kräfte fortwirken sehen, welche die obercarbonischen Schichten zu steilen Falten aufgestaut und nach Norden überschoben haben“.¹⁹⁾ Aber Teller ist zum großen Verluste für die Wissenschaft gestorben, und die Mauerung des Tunnels ist geschlossen.

Im S. Eliasgebirge beschrieb Russel das Auftreten der Reste noch lebender nordischer Conchylien aus der Höhe von 5000 Fuß, und man schloß aus der Häufigkeit seismischer Bewegungen, daß das Gebirge noch heute in Fortbildung begriffen sei (Antl. d. E. III, 2, S. 461). Im September 1899 traten in der Yakutat-Bai am Fuße des S. Elias besonders heftige Erdstöße ein. Tarr, der mit diesem Studium beauftragt war, konnte wegen der völligen Zerrüttung der Gletscher durch die Erdbeben die von Russell bezeichnete Stelle am Pinnaclepasse nicht erreichen und ist leider seither ebenfalls gestorben. Der höchst lehrreiche Bericht gibt zwar örtliche Erhebungen des Strandes bis zu 47' 4" an, zweifelt aber dennoch an Russel's Meinung über die Jugend des S. Elias überhaupt und der Bedeutung, welcher dieser den Verwerfungen (Faulting) zuschrieb.²⁰⁾

Dieser Bericht zeigt, wie mannigfaltig und verwickelt tektonische Vorgänge dieser Art sind und zu welchen Irrtümern Addierungen führen können.

¹⁹⁾ Fr. Teller, Geol. d. Karawanken-Tunnels; Denkschr. Akad. Wien, 1911, Bd. LXXXII, S. 250.

²⁰⁾ R. S. Tarr and L. Martin, The Earthquake at Yakutat Bay, Alaska in September 1899; with a Preface by G. K. Gilbert; U. S. Geol. Surv.; Prof. Paper 69, 1912, S. 134, Karten; insb. S. 45.

Um etwas mehr von dem Wesen der wirksamen Kräfte zu sehen, soll ein anderer Weg gesucht werden.

Inkompetenz und Gare. Die tangentielle Kraft, die ein großes Gebirge bewegt hat oder noch bewegt, wird hier der Kürze halber durch den Buchstaben A bezeichnet werden.

Amerikanische Geologen, wenn ich nicht irre, zuerst van Hise, haben den Ausdruck inkompetent in Gebrauch gesetzt für Fälle, in denen A ein Hindernis der Faltung nicht bewältigt. Es gibt alle Grade und verschiedene Arten der Inkompetenz. Die langen Antiklinalen, in denen südlich vom Plateau von Ufa die Zweige des Ural in erzwungener Virgation sich ausbreiten oder die erzwungene Virgation der Appalachen sind Beispiele des Entweichens aus beginnender Inkompetenz durch seitliche Stauung. Anders äußert sich Inkompetenz durch Belastung. Diese führt nach Daubrée's Experimenten zu Vermehrung der Zahl der Falten. Sie bleiben niedriger und gleichen durch ihre Zahl die geringere Spannweite und Höhe aus. Bei Steigerung der Inkompetenz geht die Faltung in Schieferung über. Sind beide Kräfte wirksam und findet A dennoch die Möglichkeit des Entweichens, so folgt Mylonitenbildung, Scherung, Zertrümmerung, Zermalmung und endlich jene schwierig zu enträtselnde Gruppe mehr oder weniger schiefriger Gesteine, von denen die Alpen so große Beispiele zeigen und welche die Unterlage der Studien Becke's, Grubenmann's, Berwerth's, Sanders' und anderer unserer Forscher bilden.

In dem Kampfe gegen Belastung erzeugt A nicht selten eigenartige Ablösungen, für welche Worte wie „Cleavage“ und „Transversalschieferung“ gewählt worden sind, von denen jedoch das erstere jede Art von Spaltbarkeit bezeichnet und das zweite nur einen Teil der Erscheinung umfaßt.²¹⁾ Wir werden Reyer, Hermann und anderen folgend, das alte deutsche Wort die Gare benutzen.

²¹⁾ Wer z. B. vorgreifend die genauen Arbeiten von Loretz oder Sieburg mit den hier nachfolgenden Tafeln vergleichen will, wird finden, daß, was dort Schieferung, hier Bathroklase, und was dort Paralleklüftung, hier Diaklase b und c heißt.

Ein Versuch, die Literatur der Gare nur einigermaßen vollständig darzustellen, würde einen Band erfordern; nur wenig mag angeführt sein.²²⁾

Bereits 1789 beschäftigte sich Lasius mit den Gestaltungen des Granits des Harzgebirges.²³⁾ Im Jahre 1807 gab Haberle eine Abbildung der „Wollsäcke“ des Granites,²⁴⁾ aber die erste genauere Beschreibung dürfte jene von Hausmann aus dem Jahre 1842 sein. „Der Granit des Harzes, sagt Hausmann, . . . hat drei Absonderungen, von welchen zwei fast immer sich rechtwinklig schneiden. . . . Diese stehen häufig senkrecht, seltener sind sie geneigt. . . . Die dritte Hauptabsonderung hat oft eine horizontale, zuweilen eine etwas geneigte Lage“.²⁵⁾

Schon 1835 bemerkte Sedgwick die weite Verbreitung und die geometrische Regelmäßigkeit solcher Absonderungen in den Schieferbrüchen und er sah auch, wie sie unbeirrt die Sättel und Mulden der Falten und ebenso auch eingeschaltete Sandsteinlagen durchschnitten. Er schrieb die Faltung mechanischen Ursachen zu, die Gare dagegen einer selbständigen, das ganze Gebirge beherrschenden Kristallisationskraft oder Polarität. Die vertikalen „joints“ im Granit mochten aus Abkühlung entstanden sein, ähnlich den Säulen der Basalte.²⁶⁾

Dan. Sharpe²⁷⁾ anerkannte 1847 und 1849 den Zusammenhang zwischen Gare und Gebirgsbildung und das stetig gleichbleibende Verhältnis der Absonderungsflächen zu den Schichtflächen. Er fand aber auch, daß in den Schieferbrüchen zwei selbständige Gruppen von Absonderungsflächen

²²⁾ Eine etwas eingehendere Geschichte der einschlägigen Fragen gaben Reyer im Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1879, Bd. XXIX, S. 415 und folg. und Nelson Dale im Bull. U. S. Geol. Surv. Nr. 484. S. 26 und folg.

²³⁾ G. S. O. Lasius, Beobachtungen über die Harzgebirge; Hannover 1789. Bd. II, 8°, S. 60, 61.

²⁴⁾ C. C. Haberle, Das Mineralreich; II. Die Mineralkörper als Gebirgsmassen betrachtet, oder Gebirgskunde. Weimar 1807, 8°, Taf. II, Fig. 2 stellt Zerklüftung des Granites aus dem Harz nach einem von Goethe angefertigten Modelle dar; vergl. S. 199.

²⁵⁾ J. F. L. Hausmann, Über die Bildung des Harzgebirges; Göttingen 1842, 4°, S. 112, im Quarzporphyr S. 122.

²⁶⁾ A. Sedgwick, On the Structure of large Mineral Masses; Transact. geol. Soc., Bd. III, Heft 2, S. 469—486.

²⁷⁾ Dan. Sharpe, On Slaty Cleavage; Quart. Journ. geol. Soc. Bd. III, S. 74—105 und Bd. V, S. 111—129.

vorhanden seien. Jene, deren Spaltbarkeit geringer war, nannte er sekundäre Cleavage. Sharpe vermutete eine mandelförmige Gestalt der Gesteinselemente; die kürzere Achse hätte der sekundären Spaltbarkeit entsprochen.

Sorby wandte sich im Jahre 1856 (Philos. Magaz. vol. XI) gegen jeden Kristallisationsvorgang. Die Spaltungsflächen gleichen nicht jenen eines Kristalls; das Mikroskop zeige flachgedrückte Körperchen, die quer auf dem erlittenen Druck liegen. Im folgenden Bande (vol. XII) erklärte Tyndall, daß man zu viel Gewicht lege auf den Umstand, daß Glimmerblättchen in einer plastischen Masse sich senkrecht legen auf den Druck und dadurch Spaltbarkeit in dieser Richtung erleichtern. Kein Körper sei ganz homogen; die meisten seiner Elemente dürften als ungleichachsigt vorausgesetzt werden; jedes ungleichachsige Element werde sich quer auf den Druck legen und deshalb könne durch einseitigen Druck in jedem Körper Cleavage hervorgerufen werden.

Diese bei den kleinsten Gesteinselementen beginnenden Studien konnten kaum zu Erfolgen führen, bevor die gröberen mechanischen Vorgänge bekannt waren. Wir eilen deshalb durch die folgenden Jahre bis 1878.

In diesem Jahre 1878 erschienen Alb. Heim's „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung“²⁸⁾ und in den beiden folgenden Jahren Daubrée's „Etudes synthétiques de Géologie expérimentale“.²⁹⁾ Da jedoch Daubrée bereits in früheren Jahren mehrere seiner Ergebnisse veröffentlicht hatte, konnte Heim auch diese benützen und darum können beide Werke als gleichzeitig angesehen werden. Sie ergänzen sich insoferne, als Heim sich hauptsächlich auf Beobachtungen in der Natur, namentlich in den Hochalpen stützt, während der Schwerpunkt von Daubrée's Arbeiten in seinen Experimenten liegt.

Die Lehre von dem einseitigen Baue der Gebirgsketten hatte bereits weithin Geltung erlangt. Heim, der sich ihr sofort angeschlossen hatte, konnte nun schreiben: „Faltung und Cleavage sind nur verschiedene, gleichzeitige Äußerungen

²⁸⁾ Zwei Bände 4^o und Atlas; Basel 1878.

²⁹⁾ Ich zitiere die sehr verbreitete deutsche Ausgabe von Ad. Gurlt, 8^o, Braunschweig 1880.

einer und derselben mechanischen Umformung“ (ebenda II, S. 72).

Nach Heim's Ansicht befinden sich die Gesteine in der Tiefe unter allseitigem Druck; erst wenn diese Form des Gleichgewichtes durch eine neue Kraft, hier die gebirgsbildende, gestört wird, tritt Bewegung in der Richtung des geringeren Widerstandes ein. Cleavage ist demnach eine Ausweichungserscheinung, häufig verbunden mit Streckung der Gesteine (S. 53, 63 u. a.).

Daubrée zeigt vor allem, daß durch seitlichen Druck erzeugte Absonderungen sehr oft in zwei gepaarten Systemen auftreten, deren einzelne Flächen untereinander parallel sind und gegeneinander einen Winkel einnehmen, der in der Regel nicht allzu weit von 90° entfernt ist. Diese Flächen sind nach Daubrée durch keinerlei seitliche Verschiebung hervorgebracht, obwohl solche nachfolgen mag. Es gibt aber Kohäsionsminima, die man joints virtuels nennen könnte und die von derselben Ursache herrühren dürften (S. 257).

Die Flächen der Gare sind daher für Daubrée reine Sprünge, wie die aus Torsion hervorgehenden Sprünge im Glas, sehr lang, stetig im Streichen, minder stetig im Fallen, und sie werden von ihm Diaklase genannt im Gegensatze zu den Bewegungsflächen oder Paraklasen (S. 259).

Bemerken wir noch, daß Daubrée neben den steil stehenden auch horizontale Diaklasen beschreibt, die von den Schichtflächen zu unterscheiden seien (S. 358).

Diese drei Flächen, das steil stehende Paar von Diaklasen und die horizontale Fläche sind die drei „Hauptabsonderungen“ Hausmann's. Ihre Kenntnis ist von maßgebender Bedeutung für den Betrieb von Steinbrüchen. Sie sind mit den verschiedensten Lokalnamen belegt worden, die einzeln anzuführen überflüssig ist, da sie zu internationalem Gebrauche kaum verwendbar sind. Auch werden im Steinbruchbetriebe dieselben Bezeichnungen zuweilen für genetisch verschiedene, aber technisch gleichwertige Dinge verwendet. In Amerika unterscheidet man Rift und Grain als aufeinander senkrechte Absonderungsflächen. Rift ist stets die Richtung der leichteren Spaltbarkeit; ist sie, wie gewöhnlich, mehr horizontal, dann ist Grain eine der Diaklasen; es kann aber auch

im Gegenteile eine steil stehende Diaklase leichter bearbeitbar sein, dann heißt diese Rift.

Wir werden nur die paarigen, steil stehenden Absonderungsflächen als Diaklasen bezeichnen. Dagegen unterscheiden sich die flach liegenden Absonderungen durch viele Merkmale und sie werden hier Bathroklasen (*βαθρον* die Bank) genannt werden.

Vor mir liegt ein rhomboedrisches Stück Sandstein aus unserer Flyschzone. Die vier senkrechten Flächen sind das normale Paar von parallelen Diaklasen. Von den beiden transversalen Flächen ist die Oberfläche der einen so eben, wie eine wahre Diaklase, die andere, ihr parallel, zeigt mit scharfen Umrissen jene rätselhaften Wülste, die so oft die Schichtflächen im Flysch bezeichnen. Hier hat der Mergel, der die Schichtfuge füllte, das Relief dieser Wülste geschützt und die Vorgänge, welche die Absonderung begleiteten, gleichsam auf sich genommen.

Bei Granit begleiten noch merkwürdigere Vorgänge die Bathroklasen; zuerst soll jedoch ein normales Beispiel im Sedimentgestein genauer betrachtet werden.

Der Bänderkalk. Zur Verfolgung von Einzelheiten der Gare in Kalkstein eignet sich in vorzüglicher Weise der Bänderkalk, der in den Ostalpen, namentlich am Nordrande des Karnischen Gebirges angetroffen wird. Die hier zu beschreibenden Stücke stammen aus dem Osselitzer Graben bei Hermagor in Kärnten.

Es ist dies ein wohlgeschichteter Kalkstein, der in unzählige rhomboedrische Platten zu zerfallen geneigt ist. Seine Farbe, ursprünglich grau, ist streifenweise je nach dem Fortschritte der Marmorisierung, blendend weiß; dem Wechsel von grau und weiß verdankt er seinen Namen.

Auf Taf. I zieht eine eigenartige horizontale, flache Wellung über die ganze Platte, die stellenweise von einer ihrer Richtung entsprechenden Riefung begleitet ist. Schräger Bruch zeigt, daß die Platte in zahlreiche dünne Platten zerlegt ist und diese dünnen Platten sind der Wellung unterlegen. Das sind die einstigen Schichtflächen. Die Teilung in dünne Platten ist der Bathroklase, die Wellung aber der letzten Anstrengung einer inkompetent werdenden Faltung zuzuschreiben.

Beide Erscheinungen, die Hemmung der Faltung und die bathroklastische Teilung sind durch die Belastung beeinflusst.

Verfolgen wir nun die einzelnen Phasen der steigenden Inkompetenz.

Die Kraft A ist nahe senkrecht auf die Wellen. Bathroklase und Wellung stocken. Jetzt bildet sich eine Diaklase als Klüftung senkrecht auf die Ebene der Wellung und auf A; das ist a. Man sieht a hier nicht oft; diese Phase scheint kurz gewesen oder örtlich ganz ausgeblieben zu sein.

Nun folgt die Entstehung des Diaklasenpaares b, b und c, c. Sie sind die Veranlassung der rautenförmigen Zerteilung des Gesteins. Sie durchschneiden sich gegenseitig ohne die geringste Schwächung oder Ablenkung und feine Linien vertragen, daß die Platte von zahlreichen latenten Klüftungen durchschnitten ist, die b oder c parallel sind.

Denkt man sich nun auf Taf. I mitten durch die Figur die orogenetische Kraft A senkrecht auf a verzeichnet, und zieht man ebenso auf die steilen Flächen b und c die senkrechten B und C (als die Richtungen der Kräfte, welche diese Diaklasen hervorgebracht), so ergibt sich, daß diese Kräfte B und C nichts anderes sind, als die nach dem Grundsätze des Kräfteparallelogramms zerlegte Kraft A.

Tritt im kompetenten Gebirge eine örtliche Stauung ein, so strebt die Faltung in einzelnen langen Antiklinalen seitlich zu entweichen. Hier sieht man, wie im inkompetenten Gebirge dieses seitliche Entweichen nach geometrischen Regeln, nämlich nach dem Kräfteparallelogramm sich vollzieht.

Das Anschleifen der Fläche b oder c, was gleichbedeutend ist mit einem schrägen Querschnitte nach c oder b, zeigt schon bei sehr mäßiger Vergrößerung manches Unerwartete. Bathroklase erscheint zuweilen sehr deutlich und ist in anderen Fällen gar nicht kennbar. In einer besonderen Form erscheint sie auf dem Taf. II in 2^{1/2}facher Vergrößerung dargestellten Dünnschliffe.

Zunächst liegen hier einige der Linien, die der Bathroklase zuzuschreiben wären, nicht der Schichtoberfläche parallel, sondern sie steigen gegen diese an, so daß ein Übergang von Druckfläche in ersterbende Faltung vorhanden wäre, oder auch daß die Belastung nicht ganz vertikal gewirkt, oder daß ein

Gleiten der aufliegenden Schicht stattgefunden habe. Einige dieser schrägen Linien nehmen den gezackten Lauf von Suturen an und tragen Spuren von Styolithen. Noch auffallender ist dies an den weniger schrägen Linien.

Die Diaklasen sind weitaus zahlreicher und unregelmäßiger, als sie dem unbewaffneten Auge im Großen auf der Oberfläche der Steinplatte erscheinen; die wesentlichste Unregelmäßigkeit ist jedoch sekundär. Sie wurde dadurch erzeugt, daß durchziehende Feuchtigkeit die Sprünge erst durch Korrosion unregelmäßig erweitert und dann mit Calcitkristallen gefüllt hat.

Durch das Zusammentreffen dieser Calcitgänge mit den Suturen werden eigenartige Verhältnisse geschaffen. Nur die steil nach abwärts ziehenden Linien sind der Schauplatz der eben erwähnten Lösungen und Calcitablagerungen. Nun kann man z. B. bei den Diaklasen 1—4 wahrnehmen, daß die Suturen gegen rechts staffelförmig an den Diaklasen absinken, als wären die Diaklasen ebensoviele Verwerfungen, aber dabei wird die schwarze Grundlinie nicht unterbrochen. Sie setzt sich an der Stelle der Verwerfung nach unten längs des Calcitganges oder schräg über diesen fort, scheint ihn wohl auch in einzelnen Fällen ganz zu schließen und läuft dann in der Suture weiter. Das zeigt noch nicht, daß sie älter ist als die ursprüngliche Diaklase, aber sie ist älter als die sekundäre Korrosion der Diaklase (oder ihr gleichzeitig) und war sogar imstande, die Calcitfüllung des Ganges (wenigstens in dieser Schnittfläche) zuweilen ganz zu hemmen. Vielleicht ist dies auch die zutreffende Erklärung für das von Reis abgebildete Eindringen von Styolithen in Kalkspatgänge in fränkischer Trias.³⁰⁾ Zuweilen möchte man fast meinen, die Feuchtigkeit auf den Suturlinien sei unter einem wechselnden hydrostatischen Drucke gestanden.

Wenn die Marmorisierung etwas weiter vorgeschritten ist, bemerkt man an einzelnen angewitterten Stellen ein ganz fremdartiges, poröses Aussehen. Es rührt her von dem Herausfallen kaum mohnsamengroßer schwarzer Kügelchen. Spaltet ein glücklicher Schlag ein solches Kügelchen, so glänzt eine

³⁰⁾ O. M. Reis, Geogn. Jahresh. herausgegeben vom k. Bayerischen Oberbergamte 1901, Bd. XIV, S. 76, 125. Taf. V, Fig. 1, a—d.

Kristallfläche hervor. Das sind wohl dieselben Kügelchen und Kristalle von Magneteisen, die Lepsius in attischem Marmor fand, die auch aus dem Marmor der Ardennen und anderwärts bekannt sind.

In anderen Fällen scheinen die etwas diffusen, schwarzen Punkte, welche auch Taf. II zeigt, hieher zu gehören; zuweilen auch bezeichnet das Eisen als ein gelber Streifen die Ebenen der Bathroklase.

Die Bathroklase selbst ist oft kaum ausgeprägt; bald auch zerteilt sie, wie im oberen Zehner-Kar der Radstätter Tauern, den weißen Marmor in zahllose, dünne, mit weißen Glimmerblättchen bedeckte Brettchen.

Daubrée meinte, die Talbildung ausgedehnter Gebiete sei durch Lithoklasen beeinflusst und suchte dies aus Karten verschiedener Teile Frankreichs zu erweisen. Andere Forscher sind weiter gegangen, unter ihnen insbesondere Hobbs, der in dem Relief beträchtlicher Teile der sichtbaren Erdoberfläche die Spuren eines ausgedehnten Systems ähnlicher Sprünge zu erkennen meint.³¹⁾ Mir fehlen Erfahrungen, die mir gestatten würden, einer so weitgehenden Annahme zu folgen; es ist jedoch richtig, daß die Gare an nicht wenig Orten in der Landschaft zu finden ist, wo sie zu wenig beachtet wird. Das gilt z. B. von dem Kalkgebirge der Ostalpen und der Dinariden. Schon Daubrée erwähnt Diaklase in den Dolomiten; Mojsisovics verwahrt sich als ein Vertreter der Theorie der Korallenriffe in Südtirol, dagegen, daß die steilen Abstürze derselben als ein Beweis für die Rifftheorie angesehen werden.³²⁾

In der Tat ist z. B., wenn mein Gedächtnis mich nicht täuscht, die ganze vom Mesurina-See abgekehrte Nordostwand der Drei-Zinnen von einer Gruppe riesiger Diaklasen gebildet, durchschnitten von zwei tiefen Querfurchen. Das Bild der Rothen Wand (der Südspitze des Rosengartens) bei Mojsisovics lehrt, wie durch Diaklase die hohen Nadeln entstehen.

³¹⁾ W. H. Hobbs, The Correlation of Fracture Systems and the Evidences for Planetary Dislocations within the Earth's Crust; Transact. Wisconsin Acad. 1905, Bd. XV. S. 15 - 29; Ders. Repeating Patterns in the Relief and in the Structure of the Land; Bull. geol. Soc. Americ. Bd. XXII, 1911, S. 123—176 und an anderen Orten.

³²⁾ E. Mojsisovics von Mojsvár, Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien; 8°, 1879, S. 495.

In den Kalkalpen bemerkt man sehr schön die Rhomboeder der Gare, z. B. auf einem Lichtbilde der Planspitze im Ennstale.³³⁾

Gare in Massengestein. Die Gare nimmt im Massengestein schon darum andere Merkmale an, weil Schichtung fehlt, dagegen zuweilen Klüftung aus Erstarrung in Betracht kommt.

Im Sommer 1865 bot der Bau der Brennerbahn durch die Schluchten des Eisack die prachtvollste Gelegenheit, um die Gare im Bozener Porphyry zu verfolgen. Nahe oberhalb Bozen, von Kardaun an, stellen sich steile Flächen ein, Str. fast NS; im Tunnel des Galbüchl treten OW-Flächen hinzu; jenseits des Tunnels sieht man eine Absonderung in dicke Bänke, usw. Auffallend ist, daß man gar nicht selten gegen oben eine Beugung der Klüfte wahrnimmt. Die Porphyrtafeln sind schon unterhalb Bozen stellenweise so dünn, daß einzelne bis zur Ausdehnung von 1½ Quadratmeter oder mehr in den Wein- und Obstgärten zur Eindeckung von Hütten verwendet werden.

Wie auch anderwärts beobachtet wurde, ist zwar das Streichen der Diaklasen auf größere Strecken beständig, ihre Neigung aber wechselnd, so daß keilförmige Verschneidungen nicht selten sind. Häufig verschwindet mitten in einem Handstücke wenigstens dem unbewaffneten Auge eine Kluft völlig; freilich reicht ein mäßiger Schlag hin, um sie zu wecken.

Im Granit unterscheidet man oft deutlich dreierlei Absonderungsflächen, nämlich die beiden Diaklasen, welche die Wände eines Pfeilers bilden, und eine dritte, querstehende Fläche, durch welche die Pfeiler in Würfel geteilt werden, und welche die Lage der Bathroklasen einnimmt.

Frenzel hat den Winkel, unter dem die Diaklasen des Passauer Granites streichen, mit N 54° W und N 36° O gemessen; hier heißen sie Lassen. Es gibt hier neben den sichtbaren auch feine, dem unbewaffneten Auge nicht kennbare, sogenannte Glaslassen, an denen der Block zuweilen unvermutet auseinanderfällt.³⁴⁾

Eine weitere Ausführung von Beispielen würde nur Wiederholungen liefern, mit Ausnahme einer auffallenden Tat-

³³⁾ Photogr. Friedmann, Verlag V. A. Heck.

³⁴⁾ M. Frenzel, Das Passauer Granitmasiv; Geogn. Jahreshefte; München 1912, Bd. XXIV, S. 33—192; insb. S. 117.

sache, die in den letzten Jahren in Amerika bekannt geworden ist. Ich folge hier Nelson Dale.³⁵⁾

In dem Granitbruche zu Redstone N.-H., ist der Rift horizontal und Grain vertikal. Wählt man im Bruche ein Granitstück zwischen diesen beiden Hauptrichtungen der Gare, und werden zwei Dünnschliffe veranlaßt, der eine senkrecht auf Rift und der andere senkrecht auf Grain, so gewahrt man u. M. kurze Sprünge im Sinne des Rift und in geringerer Zahl auch im Sinne des Grain, welcher Feldspat und Quarz durchschneiden. Die Quarzregionen aber zeigen zugleich Schnüre oder lose Züge von zahlreichen mit Flüssigkeit gefüllten Vacuolen und diese Züge durchschneiden sich auch nahe rechtwinklig im Sinne von Rift und Grain. Ähnliche Züge von Vacuolen mit beweglicher Libelle kannte man bereits aus verschiedenen amerikanischen Graniten; die Herstellung ihres Parallelismus zu den Spaltungsrichtungen weckt nun gegenüber allen anderen Voraussetzungen neuerdings die Frage, ob Fugen durch Anordnung von Mineralbestandteilen vorbereitet seien. Zuweilen stellen an anderen Orten sich Glimmerblättchen dem Rift parallel.

Eigentliche Fluidalstruktur ist nicht vorhanden. Die Meinung scheint sich dahin zu befestigen, daß die Anordnung der Flüssigkeitseinschlüsse in rechtwinklig sich durchschneidenden Bändern bereits während der Erstarrung des Granites erfolgte. Das würde bedeuten, daß die Erstarrung von A beeinflusst worden ist.³⁶⁾

Vogt hatte bemerkt, daß die Absonderungsflächen der Bankung stets der Oberfläche parallel seien, und schloß hieraus, daß sie bei der Erstarrung des Granites entstanden sind.³⁷⁾

O. Hermann kommt zu einem anderen Ergebnisse. Aus einer Betrachtung deutscher, namentlich der Lausitzer Granite wird gefolgert, daß die Absonderungsklüfte der Bänke nicht eben sind, sondern wellig, u. zw. so, daß sie das Gestein gleich-

³⁵⁾ T. Nelson Dale, The chief commercial Granites of Massachusetts, New Hampshire and Rhode Island; Bull. U. S. Geol. Surv. 1908; Nr. 354, S. 42—47.

³⁶⁾ Ebenda S. 146 und 147.

³⁷⁾ H. L. Vogt, Nogle bemaerkn. om granit; Forh. Vidensk. Selsk. Christiania 1881. Nr. 9; auch C. C. Riiber, Norges Granitindustrie; Norges geol. Undersog. 1893; Nr. 12, 47 S., insb. S. 16 und folg.

sam in wechselständig ineinander gelagerte Linsen teilen. „Sie sind näher der Oberfläche des Felsens zahlreicher, rücken gegen die Tiefe auseinander, so daß die Bänke bis 10 m stark werden und sie verlieren sich endlich ganz, und zwar in verschiedenen Gegenden in einer verschiedenen Tiefe.“ Ihre Lage ist in Übereinstimmung mit der Gestalt der jetzigen, nicht der ursprünglichen Oberfläche des Felsens; man kann die Entstehung neuer Absonderungsflächen in den Steinbrüchen verfolgen. Eine Anordnung von Mineralgemengteilen im Sinne dieser Flächen wurde von Herrmann nicht beobachtet.

Nach der Meinung dieses Forschers sind diese Absonderungen nicht durch Kontraktion, sondern durch Verwitterung und atmosphärische Einflüsse hervorgerufen.³⁸⁾

Wer die älteren Arbeiten österreichischer Geologen in den böhmischen Graniten, wie Jokely, Andrian, Hochstetter, später Reyer, durchblättern will, wird dort bereits Vertretern beider Ansichten begegnen. Merkwürdigerweise sind beide Ansichten auch in Nordamerika hervorgetreten. Whitney sprach sich für Entstehung der Bankung durch die ursprüngliche Erstarrung aus, dagegen schrieb sie Merrill der Abwitterung und heutigen klimatischen Einflüssen zu. Auch waren die wichtigsten Merkmale Herrmann's, die wellige Oberfläche der Absonderungen und ihr Auseinandertreten gegen die Tiefe, in Amerika getroffen worden.

Gilbert³⁹⁾ berichtet von der Sierra Nevada das Folgende: Domförmige Granitberge mit unregelmäßig kreisförmiger Basis treten auf. Sie sind von schalenförmigen Absonderungen wie von Zwiebelschalen umhüllt. Diese reichen nur 50 bis 100 Fuß tief. Im Yosemite-Tale erhebt sich ein oft abgebildeter Halbdom, entstanden durch Unterwaschung eines Domes und Absturz. Hier sind neue, flache „Zwiebelschalen“ entstanden, entsprechend der flachen Wand des Absturzes. Diese rühren folglich nicht von ursprünglicher Abkühlung her.

Die Diaklasen sind älter als das heutige Relief, die Zwiebelschalen sind jünger. Diese letzteren gleichen der Wirkung eines Waldbrandes auf granitischen Boden; sie sind nicht

³⁸⁾ J. O. Herrmann, Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie; Berlin 1899, 8^o, S. 109 und folg. und an anderen Orten.

³⁹⁾ G. K. Gilbert, Domes and Dome Structure in the High Sierra; Bull. geol. Soc. of Americ. 1904, Bd. XV, S. 29—36.

durch Kontraktion entstanden, sondern durch Expansion. Sonnenwärme reicht nicht tief genug, denn in Bergwerken kennt man diese Absonderungen bis 175 Fuß hinab. Expansion wäre denkbar durch Entlastung.

Eine bald folgende Untersuchung ähnlicher Dome lehrte Gilbert, daß die äußeren Schalen des Granites unter Spannung standen. Die Aufwölbung einer solchen Schale, 14 Fuß lang und 9 Zoll hoch, wurde abgebildet⁴⁹⁾; herausgehobene Schalen dehnten sich aus; dies war die Ursache der Aufblätterung. Die Zeichen der Spannung zeigten sich an verschiedenen Orten.

Nach diesen Angaben wäre man verleitet, zu meinen, daß beide oben angeführten Hypothesen richtig seien, nämlich die Ausdehnung und Aufblätterung der peripherischen Teile durch die Sonnenwärme, die tieferen, wellenförmigen Absonderungen dagegen durch ursprüngliche Abkühlung erzeugt seien. Weitere Prüfung ist erforderlich. Durch Druck erzeugte Gare ist es nicht.

Eis. Unter den verschiedenen Erscheinungen, welche die Gare begleiten, ist gewiß keine auffallender, als die Stetigkeit, mit welcher ihre Klüfte verschiedene Felsarten und auch die Diaklasen sich gegenseitig durchschneiden. Jetzt soll der Versuch gemacht werden, ähnliche Klufflächen, sei es auch auf Umwegen, aufzusuchen.

Zuerst wenige Worte über das Eis. Jedermann kennt das laute Krachen, mit dem Eistafeln sich lösen, aber nicht davon soll gesprochen werden.

Vor einigen Jahren hat Herr General v. Obermayer die Güte gehabt, vor meinen Augen eine Eismasse unter Anwendung eines Druckes von 20.000 kg oder ungefähr 78 kg auf 1 cm² durch ein kurzes, senkrechttes Ausflußrohr von 12 cm Durchmesser zu pressen. Ich erwartete, einen Zylinder von Eis hervortreten zu sehen. An seiner Stelle erschien eine Säule von lose übereinander liegenden, nach oben leicht konvexen, etwa uhrglasförmigen Scheiben von Eis, die man leicht einzeln abheben und nebeneinander auf den Tisch legen

⁴⁹⁾ Bull. U. S. geol. Surv. 1907; Nr. 313, S. 42, Fig. 7, A; eine Zusammenstellung der Erfahrungen geben Nelson Dale und Herb. Gregory in: The Granites of Connecticut; ebendas. 1911, Nr. 484, S. 29 und folg.

konnte.⁴¹⁾ Während des Austrittes aus dem Rohre gab wohl die Dicke der einzelnen Scheiben das Maß an, bis zu welchem im gepreßten Eise die Elastizität sich sammelte, bis sie die Kohäsion zu überwinden vermochte.

Dieses ist im Eise die Vertretung der senkrecht auf A erzeugten Diaklase a auf Taf. I.

Spannungen in Basalt. Wir nähern uns einem Ergusse von Basalt.

Am Kontakt gegen den sächsischen Quadersandstein kann man an einigen Stellen bemerken, daß durch Erwärmung und nachfolgende Erkaltung im Sandstein selbst auf eine kurze Strecke prismatische Säulenbildung entstanden ist, ähnlich, wenn auch etwas schlanker, als die Säulen des Basaltes selbst. Und doch war sicher im Sandstein keine latente Vorbereitung dieser Struktur vorhanden.

Ein Basaltgang tritt auf. Sind in ihm Säulchen vorhanden, so stehen sie senkrecht auf beide Salbänder. Sie sind durch Abgabe von Wärme an das Nebengestein von diesem her gegen die Mitte des Ganges gebildet worden, die offenbar zuletzt erkaltete. Gegen die Mitte stellen sich öfters lange Züge von Bläschen ein. Bei Arzignano, unweit Vicenza, sind Fälle sichtbar, in denen solcher blasiger Basalt der Mitte eines Ganges verwittert und vom Regen ausgewaschen ist; ein oberflächlicher Beobachter kann dann meinen, zwei Basaltgänge zu sehen.

Aus der Gegend von Chestnut-Hill, Mass., hat F. H. Lahee einen etwa vier Fuß starken Basaltgang beschrieben mit kurzen Prismen an den Salbändern, zwischen welchen in dem derben Basalte kleine, nicht einen Zoll erreichende Dodekaeder von Basalt zur Ausbildung gelangt sein sollen. Mir ist kein zweiter ähnlicher Fall bekannt.⁴²⁾

Nun sind wir am Hauptstrome angelangt.

An seiner Oberfläche ist er gegen die Luft stürmisch erkaltet und hat er ein unregelmäßiges Dach von blasigem und derbem Basalt aufgebaut, das die mächtige, glutflüssige Masse

⁴¹⁾ Die Abbildung einer solchen Säule in A. v. Obermayer, Versuch über den Ausfluß fester Körper, insb. des Eises, unter hohem Druck; Sitzungsab. Akad. Wien, 1904, Abt. IIa, Bd. CXIII, S. 545.

⁴²⁾ F. H. Lahee, Dodekahedral Jointing due to Strain of Cooling; Americ. Journ. Science, 1910, 4 ser., Bd. XXIX, S. 169.

vor rascher Erstarrung bewahrt. Diese, umschlossen und geschützt, gibt langsam und ungestört ihre Wärme an den Boden ab.

Höchst merkwürdig bleibt die Regelmäßigkeit der prismatischen Ablösungen.

Aus dem Gesagten ergibt sich 1., daß die Bildung der Säulen vom Boden, als der Abkühlungsfläche, ausgeht und 2. daß die Achsen der einzelnen Säulen nicht Achsen der Erstarrung, sondern höherer Temperatur waren. Das zeigt der Weg der Erstarrung in den Gängen. Ferner lehrt nähere Betrachtung, daß die Seitenflächen der Säulen, d. i. die Ablösungsflächen der einzelnen Prismen, nachträgliche Zerreißen sind. Das ergibt sich aus dem Umstande, daß eingeschlossene Mineralien oder felsige Bruchstücke nicht selten von der Fuge in solcher Weise durchschnitten werden, daß zu beiden Seiten ihre Teile in der entsprechenden Lage sichtbar bleiben. Zirkel gibt Beispiele davon.

Zuerst wird sich gegen die Basis hin unter Mäßigung der Convectionsströme eine etwas kühlere, gegen oben nicht abgegrenzte Lage gebildet haben. Etwa so, wie verdampfendes Wasser an einer kühleren Decke Wassertropfen bildet und diese eine mehr oder weniger regelmäßige Verteilung besitzen, verteilen sich Treffpunkte der Convectionsströme, einem Regen nicht unähnlich, auf der abkühlenden Bodenfläche. Von den Seiten dringt Abkühlung auf diese Punkte ein. Langsam folgt auch von unten her Erstarrung und Kontraktion. Eine Teilung in Prismen besteht noch nicht, aber sie ist durch den Weg, den die Erstarrung genommen hat, vorgezeichnet. Kontraktion schreitet allgemein vor, die Spannung ist gleichmäßig im ganzen Körper und indem eine der vertikalen Fugen beginnt sich zu öffnen, reißt freiwerdende Elastizität die ganze Wand auf und durch die Störung des Gleichgewichtes öffnet sich das ganze Netz.⁴³⁾

Es gibt auch unmittelbare Zeichen dafür, daß innerhalb des Umrisses des Prisma's Bewegungen und Gliederungen in den einzelnen Säulen/möglich waren. Hieher gehört die von eng-

⁴³⁾ G. F. Becker hat eine Erklärung versucht in: Finite homog. Strain, Flow and Rupture of Rocks; Bull. geol. Soc. Americ. 1893, Bd. IV, S. 69—71; sie macht schwer verständliche Voraussetzungen und wird hier nur der Autorität des Verfassers wegen erwähnt.

lischen Forschern als „cup and ball“ (wörtlich: Schale und Kugel), d. i. das Kniegelenk, bezeichnete Bildung. Ich folge nun Poulett Scrope.⁴⁴⁾

In sehr regelmäßigen Säulen ist zuweilen eine transversale Gliederung durch konvexe und konkave Flächen hergestellt, die fast einem Kniegelenk gleicht. In allen Fällen, die Scrope sah, war die Konvexität gegen abwärts gerichtet. Eine ebene Fuge schneidet unterhalb der Kugel quer über die Säule. Sie schneidet die Säule dort, wo diese in ihrem Innern geschwächt ist und sie dürfte der letzten Phase der Kontraktion angehören.



Gegliederte Basalt-Säule nach Poulett Scrope.

Scrope geht gleichfalls von der Meinung aus, daß die Verfestigung der Säulen von außen her erfolgte.

Die eben besprochenen Vorkommnisse stammen von der Fingals-Höhle. Leider wird Ähnliches selten beschrieben. Thoroddsen schreibt: „Bei Skagaströnd (Nordküste Islands, Osten des Huna-Floi) bestehen die Basaltsäulen aus zusammengefügt, nach unten konvexen, nach oben konkaven Gliedern.“⁴⁵⁾

Neben dem prismatischen Gefüge treten sphäroidische Formen auf. Die übergroße Mehrzahl derselben ist gewiß aus Abwitterung hervorgegangen. Selbst in der Käsegrotte bei Bertrich, die ihren Namen der Häufung flacher Sphäroide verdankt, sind nach Angabe des Landesgeologen Grebe diese Sphäroide durch die abrundende Abwitterung einzelner Stücke von Lavasäulen entstanden.⁴⁶⁾

Bergschläge. Der Bergmann unterscheidet unverritztes, d. i. vom Menschen nicht wesentlich verletztes, und verritztes Gebirge. Der Eintritt in das letztere führt in andere physikalische Verhältnisse.

Wer einmal im nördlichen Böhmen die acht oder mehr Meter mächtigen Braunkohlenflöze besucht hat, deren Mächtigkeit die volle Zimmerung unmöglich macht, und wer dabei

⁴⁴⁾ G. Poulett-Scrope. *Volcanos*, 2^d, ed. 1862, S. 102 und folg.

⁴⁵⁾ Th. Thoroddsen, *Island*; Peterm. *Mitt.* 1906, *Ergänzungshefte* Nr. 152 und 153; S. 244.

⁴⁶⁾ H. Grebe, *Geologische Skizze der Umgebung von Bertrich Trier* 1894, 8^o, S. 14.

gehört hat, wie „das Flöz spricht“, d. h. wie unter unaufhörlichem Knistern neue Klüftchen sich bilden, kleine eckige Bruchstücke herabfallen oder gar dem Beschauer einige Zoll weit entgegengeschleudert werden, der empfängt, namentlich im Tagbau, den Eindruck einer Überlastung des brüchigen Flözes durch das schwere Hangende. In diesem Tagbaue hat er bereits das verritzte Gebirge und damit das Gebiet der Bergschläge im engeren Sinne, nämlich der plötzlichen oder, wie man nicht ganz richtig zu sagen pflegt, „explosiven“ Lösung von Spannungen betreten. Von diesen hat Rzehak ein sehr dankenswertes Verzeichnis geliefert.⁴⁷⁾

In den Kohlenflözen sind daraus hervorgehende Detonationen nicht selten; hier gesellen sich aber leicht Nebenumstände dazu, wie faule Wetter, Zertrümmerung von Schutzpfeilern usw., welche die Reinheit des Gesamtbildes beeinflussen.

Ein Beispiel liefern die Flöze von Hausham am Außenrande der bayrischen Alpen.⁴⁸⁾ Aus den mannigfaltigen Erfahrungen, die von hier Baumgartner anführt, mögen folgende hervorgehoben sein. Man muß dem Hauptflöz Zeit lassen, sich in Splitter aufzulösen; zu diesem Ende wird an gefährlichen Stellen nur mit einer Schicht, d. i. durch den dritten Teil des Tages, gearbeitet. Wird zu viel bloßgelegt, werden die Splitter zu rasch entfernt, dann erfolgt zuweilen eine plötzliche Explosion aus dem Flöze, die weithin den Bau beschädigen kann und öfters über Tag als Erdbeben bemerkbar wird. Menschenleben werden gefährdet oder gehen verloren, aber öfter durch Verschüttung als durch unmittelbaren Schlag. Die Explosionen sind auffallender geworden, seitdem sich der Abbau unter 500 m bewegt.

Einem Briefe des Leiters dieses Bergbaues, Herrn Direktor Weithofer, an Prof. Franz Suess darf ich folgendes entnehmen: Am 21. Januar 1910 wurde durch einen solchen

⁴⁷⁾ A. Rzehak, Bergschläge und verwandte Erscheinungen; Zeitschrift f. prakt. Geol. 1906, Bd. XIV und die folgenden Bände. Ähnliche Listen und Vervollständigungen in den weiter zu erwähnenden Schriften von Nelson Dale und Hankar-Urban.

⁴⁸⁾ K. Baumgartner, Über Störungen und eigenartige Druckerscheinungen (sog. »Pfeilerschüsse« oder Kohlenstoß-Explosionen) der oberbayerischen tert. Kohlenmulde auf Grube Hausham; Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1900. Bd. XLVIII, S. 461 und folg.

besonders heftigen Schlag eine 515 m tiefe Grundstrecke auf die Länge von 180 m zu Bruch geworfen und das hierbei erzeugte Erdbeben von der Warte in München (Entfernung etwa 50 km) verzeichnet. Durch die Ueberkipfung des Gebirges wird stellenweise in der Beugung eine außerordentliche Spannung hervorgerufen; sie wird durch die Herausnahme eines Teiles eines Flözes in dem restlichen Stücke gesteigert, und so kommt ein Moment, in dem die Kohäsion irgendeiner Schicht (es muß nicht gerade das Flötz sein) überschritten wird und diese explosionsartig und zu Staub zertrümmert herausgeworfen wird.

Im festen Fels dürften ähnliche Detonationen schon den Römern bekannt gewesen sein, wenigstens sind sie heute in einzelnen der Marmorbrüche von Carrara so häufig, daß sie im Betriebe als ein störendes Element angesehen werden. Delhaye sagt, sie würden hervorgebracht „durch eine rasche Entspannung des Felsens, veranlaßt durch seine Elastizität im Augenblicke der Abtrennung von der Masse, die zurückbleibt im Zustande anormalen Druckes“. Der zum Sägen des Marmors verwendete Draht wurde zuweilen durch Verengung der Schnittfurche verklemmt.⁴⁹⁾

Ähnliche Vorkommnisse wurden gelegentlich in Fachzeitschriften und Lehrbüchern erwähnt, doch wurden sie wenig beachtet, bis 1871—1876 Prof. Niles in Boston die nachträgliche Ausdehnung von abgelösten Felsmassen, Verzerrung von Bohrlöchern, Aufstauung kleiner Antiklinalen und kleinere Explosionen in granitischem Gneis, Sandstein und Kalkstein an fünf verschiedenen, von Massachusetts bis Illinois ausgestreuten Stellen beschrieben und zugleich gezeigt hatte, daß an allen diesen Stellen das Streben des Gesteines N—S war. Das deutete auf Druck W—O oder O—W. Solche Übereinstimmung der Richtung auf so beträchtliche Entfernung, meinte Niles, könne keine örtliche, sondern nur eine allgemeine, und zwar die von Dana befürwortete, aus der Kontraktion des Planeten hervorgehende Kraft sein. Dieses sei auch die Ursache unterirdischer Geräusche; tiefere Erosionen

⁴⁹⁾ F. Delhaye, Les bruits de montagnes aux Carrières de Marbre de la région de Carrara; Ann. Soc. géol. Belge, 1907—08, Bd. XXXV, B, S. 35—38.

könnten diese Kraft freisetzen und kleinere Erdbeben hervorbringen. Die orogenetische Kraft sei hier zu Tage sichtbar.⁵⁰⁾

Diese Ansicht fand Zustimmung und drang in manche europäischen Schriften. Nachdem jedoch die Granit-Industrie gerade in diesen Teilen der Vereinigten Staaten einen außerordentlichen Aufschwung genommen, zahlreiche neue Steinbrüche eröffnet waren und die geologische Landesaufnahme eine Reihe vortrefflicher Berichte über diese Brüche aus der Feder Nelson Dale's geliefert hatte, ergab sich folgendes: Niles' Angaben über Ausdehnung des Granites, über Verzerrung von Bohrlöchern wurden bestätigt, aber nicht die Einheitlichkeit der Richtung. Daß die seinerzeit beobachteten fünf Steinbrüche sämtlich auf Dehnung N—S wiesen, muß als ein Zufall gelten. Jetzt kennt man ähnliche Dehnungen nach den verschiedensten Weltgegenden.⁵¹⁾

Der Nachweis des Hervortretens der orogenetischen Kraft entfällt.

Als ein Beispiel der europäischen Vorkommnisse mag zunächst der Porphyr des Bruches von Quenast in Belgien folgen.

Die wiederholten Berichte von A. Hankar-Urban, dem Leiter dieses Bruches, lehren das folgende:⁵²⁾

Quenast eignet sich darum besonders zum Vergleiche mit den amerikanischen Granitbrüchen, weil hier die hori-

⁵⁰⁾ W. H. Niles, Some interesting Phenom. observed. in Quarrying; Proc. Boston Soc. nat. hist. 1870—71, Bd. XIV, S. 80—87; ders. Brief von A. T. Wing; ebendasselbst 1873—74, Bd. XV, S. 41 und 42; ders. The geol. Agency of lateral Pressure exhib. by certain Movements of Rocks; ebendas. 1875—76, Bd. XVIII, S. 272—284. Auch B. K. Emerson, Geol. of Old Hampshire Cty., Mass.; U. S. Geol. Surv. 1892, Monogr. XIX, S. 63—65.

⁵¹⁾ T. Nelson Dale, The Granites of Maine, with an Introd. by G. Otis Smith; Bull. U. S. Geol. Surv. 1907, Nr. 313, S. 202; N. Dale, The chief commercial granites of Massach., N. Hampshire and Rhode Isl.; ebendas. 1908, Nr. 354, S. 228; ders. The Granites of Vermont; ebendas. 1909, Nr. 404, S. 128, insb. S. 17, 18; ders. H. Gregory, The Granites of Connecticut; ebendas. 1911, Nr. 484, S. 137.

⁵²⁾ A. Hankar-Urban, Note sur des Mouvements spontanés des Roches dans les Carrières; Bull. soc. Belge de Géol., 1905, Bd. XIX, S. 527—540; ders. ebendas. 1906, Bd. XX, Proc. verb. S. 56—61 und 1907, Bd. XXI, Proc. verb. S. 23, 24 und Deuxième Note sur des Mouvem. spont. etc. ebendas. Mém., S. 21—42; Troisième Note etc. 1909, Bd. Bd. XXIII, Proc. verb. S. 260—270, ferner 1911, Bd. XXV, Proc. verb. S. 173—175.

zontalen Absonderungsflächen fehlen, die dort den Abbau für architektonische Zwecke ermöglichen. Aus demselben Grunde wird dort meistens sorgfältig mit Holzkeilen gesprengt, während im Porphyry nur Straßengut gewonnen und mit Schwarzpulver gesprengt wird; ferner steht die Grube von Quenast zwar auch als offener Tagbau in Betrieb, geht dabei jedoch in großen Treppen zur Tiefe. Zur Zeit dieser Berichte betrug die Tiefe 78 m.

In den letzten Jahren sind etwa 50 Fälle aus Quenast bekannt geworden. Zu wiederholten Malen sind Menschenleben durch abgeschleuderte Steine verloren gegangen. Ein unverhältnismäßig dünner Scherben von Porphyry löst sich unter Knistern vom Fels. Sein Umriß ist in der Regel im Sinne des Abbaues verlängert; bei einigen Metern Länge ist er etwa ebensoviel Dezimeter breit und ebensoviel Zentimeter dick. Ein erstes Beispiel zeigt 4 m, 1 m und 0.1 bis 0.15 m. Die Arbeiter nennen den Scherben Bendon, zum Vergleiche mit dem gespannten Bogen. Der Bendon wölbt sich, reißt und schleudert seine Bruchstücke fort. Zuweilen entspannt ihn ein Sprung ohne Explosion; zuweilen bemerken die Arbeiter seine Bildung und zerstören ihn durch Hammerschläge. Von den angeführten 50 Fällen wurde ein guter Teil auf diese Art unschädlich gemacht, obwohl auch bei solchem Vorgänge öfters Steine geschleudert werden. Der Rand des Bendons haftet öfters nach der Explosion am Fels. Es scheint eine besondere Neigung vorhanden, die Kanten der Treppen abzusprenge(n) (Hankar, XIX., S. 535, Fig.). Dasselbe wird in einzelnen Fällen aus amerikanischen Granitbrüchen erwähnt.

In gewissen Fällen besteht in Quenast ein merkbarer Zusammenhang zwischen Sprengschuß und Bendon, in anderen scheint der letztere der Zeit nach selbständig aufzutreten. Am 19. Juli 1907, 36 m unter der Oberfläche, traten zwei leichte Erschütterungen ein und hierauf der heftige Bruch eines Bendons von 7 m, 0.75 m und 0.5 m mit Abschleudern von Steinen von 0.015 bis 30 kg. Seit 30 Jahren war an dieser Stelle nicht gearbeitet worden. Der Riß des Bendons wird dem Zerreißen eines Kleiderstoffes mit nachfolgendem Pistolenschusse verglichen.

Nach den vorliegenden Angaben sind Explosionen in den tieferen Teilen der Grube weit häufiger; das aus 36 m angeführte Beispiel ist das höchste.

Als ein weiteres Beispiel mag der Silberbergbau von Příbram auf Grund der Berichte von Mladék und Stefan dienen.⁵³⁾

Der Bergbau geht hier in kambrischem Sandstein und in steil stehenden, mächtigen Diabasgängen um. Man hat gelernt, Pfeilersenkungen und anderweitige Störungen von den explosiven Erscheinungen (Praskanki) zu trennen. Diese tragen die bezeichnenden Merkmale der belgischen Bendons, beginnen jedoch erst in der Tiefe von etwa 1000 m, und, wie Mladék sagt, nur in hartem Gestein. Nach einem Bergschusse oder Knall werden Steine, oft auch scharfe, dünne Gesteinsplatten, fortgeschleudert, die schon zu wiederholten Malen Menschenleben gekostet haben. „Die weggeschleuderten Gesteinsschalen, — so berichtet der Oberbergverwalter Stefan, — welche stets in viele ebenflächige, scharfkantige, nicht selten spatförmige Stücke verschiedener Größe zerbersten, liefern durchschnittlich 0.5 cm³ Hauwerk. Häufig folgt diesem stärkeren Schläge an der gleichen Stelle noch eine Reihe schwächerer, in verschiedenen Zeitabständen, so daß eine solche Firnenstrecke oft stunden-, ja tagelang nur mit der größten Vorsicht betreten werden kann.“

Vom 24. Oktober bis 30. November 1905 sind zwischen den Tiefen 1109 und 1059 m sechs solcher Schläge eingetreten. An solchen Strecken wurde nur mit einer Schicht gearbeitet, so daß das Gestein 18 Stunden zur Rast erhielt.

Bei dieser zeitweisen Einstellung der Arbeit beruhigt sich das Knistern im harten Diabas. Daß auch eine ähnliche Ablösung wie in Quenast sich vollzieht, ergibt sich daraus, daß in derselben Tiefe von 1109 m am 7. Juli 1897 beim ersten Beginne einer Bohrung eine Explosion eintrat, die auch einen Arbeiter getötet hat. In Příbram scheint sich aber die abgeschleuderte Sprengschale⁵⁴⁾ selbst in flache Splitter zu teilen.

⁵³⁾ F. Mladék, Erderschütterungen im Příbramer Bergrevier; Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1905, S. 349—351; H. Stefan, Spannungen im Gestein als Ursache von Bergschlägen in den Příbramer Gruben; ebendas. 1906, S. 253—257; ferner Note ebendas. S. 398.

⁵⁴⁾ So nennen die Schweizer Geologen den Bendon.

Ein Vergleich mit Smeeth's Berichten über ähnliche Vorkommnisse in dem Kolar-Revier (Mysore) zeigt manches Bemerkenswerte.⁵⁵⁾

In Kolar werden goldführende Quarzgänge in Hornblendschiefer abgebaut. Wie in Příbram werden auch hier explosive Vorkommnisse (Air Blasts) von Pfeilerbrüchen (Quakes) getrennt. Quarz kann keine Sprengschalen bilden. An seiner Oberfläche stellt sich nicht selten ein allgemeines Knistern ein und einzelne kleine Splitterchen werden abgeworfen. Das erinnert außerordentlich an die „sprechende“ Braunkohle Böhmens. Smeeth schildert sehr genau, wie rings um ein 1 bis 1.14 Zoll großes Stückchen von durchsichtigem Quarz das Knistern und Krachen vor sich ging, der Quarz ringsum weiß und opak wurde, kleinere Stücke mit einem lauten Krach fortflogen, endlich auch das durchsichtige Stück abgeworfen wurde. Es ist eine rasch sich entwickelnde oder sich lösende Kataklyse, wie man sie etwa am Salzburger Edelopal kennt, wenn er nach der Gewinnung sofort durch einige Stunden der Luft ausgesetzt wird. Bosworth Smith meint, die Kataklyse sei latent vorhanden, ein Rest alter Faltung. Die Hornblendschiefer sind in eine scharfe Synklinale gebeugt. In einem Falle (Carmichaels Shaft) ist in 636 m der Gang 10 Fuß weit und der Quarz begann in das Dach hinauf abzuspalttern, bis eine 8 bis 9 Fuß tiefe Höhlung entstanden war. Dabei war weder im höheren Horizonte (603 m), noch im tieferen (670 m) Ähnliches zu sehen.⁵⁶⁾

Smeeth meint, der alte, orogenetische Druck sei durch Dissipation verloren gegangen. Der vorhandene Gebirgsdruck reiche nicht aus, um die kleinen Explosionen zu erklären.

Bei weiterem Baue ist man im Hornblendschiefer auf Explosionen gestoßen, die alle Kennzeichen echter Bergschläge an sich tragen. Die Quakes sind zwar Bergschäden, die haupt-

⁵⁵⁾ Ich bin Herrn Chief Inspector Smeeth für die gütige Übersendung dieser lehrreichen Berichte zu Dank verbunden. Sie wurden zum Teile bereits von Hankar-Urban erwähnt. Sie sind: W. F. Smeeth, "Air Blasts and Quakes on the Kolar Gold Field; Mysore Geol. Dept. Bull.; Bangalore 1904, Nr. 2, 8^o, S. 43, ferner Report of the Chief Inspector of Mines for 1906—09; Fol., Madras 1910 und for 1911—12, Madras 1913.

⁵⁶⁾ Man wird erinnert an den kataklastischen Quarz des Comstock Ganges; Becker, U. S. Geol. Surv. 1882, Monograph III, S. 272.

sächlich aus unzweckmäßiger oder unvollkommener Sicherung des Baues, namentlich Pfeilerbruch, hervorgehen, aber wie in Europa kommt es dabei zugleich zu Bergschlägen, und es bleibt bei der Katastrophe, die öfters in Kolar beträchtlich wurde, die Frage offen, wo Ursache und wo Wirkung sei. Hier beginnt wieder eine Ähnlichkeit mit Europa. Smeeth tadelt, ganz so, wie es in einzelnen europäischen Gruben geschah, die Pfeiler. Man sichert den Bau durch Pfeiler, durch Zimmerung oder durch Versatz mit taubem Gestein. Ein starres Dach ruht zuweilen nur auf dem Pfeiler und, namentlich in großen Tiefen, kann dieser zerdrückt werden. Dann wird der Bau verschüttet und Menschenleben gehen verloren. Nur Zimmerung mit rasch nachrückendem Versatz gibt Sicherheit. Auch in Kolar reicht die Grube unter 1000 m.

Ein weiteres Beispiel ist das „knallende Gestein“ der Tunnels. Hier ist die Übereinstimmung mit bereits Gesagtem so groß, daß ich mich darauf beschränke, eine Stelle aus Becke's Bericht über den Tauern-tunnel zu wiederholen. Becke schreibt: ⁵⁷⁾

„Die zwischen den Zerklüftungszonen liegenden Partien gesunden, weniger feuchten und gut gebankten Gesteins haben die Eigentümlichkeit, daß an First und Ulmen sich öfters flache Scherben unter lautem Knall ablösen. Sie erreichen bisweilen 2 m² und bis 10 cm Stärke, sind aber meist kleiner, oft nur wenige Millimeter stark. Das Abspringen erfolgt unabhängig von der Flaserung und Klüftung, parallel der zufällig freien Oberfläche. An Stellen, wo solche Scherben noch halb in Zusammenhang standen mit der Unterlage, konnte ich mich überzeugen, daß es unmöglich war, den Scherben ohne Gewaltanwendung und ohne Verletzung der Ränder in sein Lager zurückzubringen. Solch knallendes Gestein findet sich nie in den stark zerklüfteten Regionen.“

An anderer Stelle wird gesagt, daß das Abspringen am häufigsten einige Stunden oder Tage, nachdem die Oberfläche durch Vortrieb des Stollens freigelegt wurde, sich vollzieht. Kleinere Stücke werden mehrere Meter weit geschleudert.

Berwerth sagt, daß sich Abblätterung noch im Handstücke fortsetzt, und daß die Ablösungsflächen in der von ihm

⁵⁷⁾ Becke, Anzeig. Akad. Wiss. Wien, 1906, Bd. XLII, S. 152.

studierten Strecke des Tunnels quer zur Schieferung verlaufen.⁵⁸⁾

Auch hier wurden durch die Explosionen Arbeiter getötet.

Im *Wocheiner Tunnel* traten nach dem Berichte des Ingenieurs v. Klodič Bergschläge nur dort auf, wo der Kalkstein besonders dicht, trocken und merkwürdig klingend-spröde war. Sofort nach seiner Freilegung blätterte er auf, erhielt ein schieferiges Aussehen und bald folgten Detonationen.⁵⁹⁾

Summierung. Wird ein Würfel irgendeines widerstandsfähigen Gesteins unter einen Druck gebracht, der senkrecht auf eine seiner Flächen wirkt und dem selbstverständlich auf der entgegengesetzten Fläche der gleiche Gegendruck entgegenwirkt, dann geht von jedem Punkte jeder dieser beiden Flächen ein Bündel von Kraftlinien in den Würfel. Die Linien der Mitte treffen auf vollen Widerstand, jene, die auf die Kanten und Ecken treffen, nicht. Die acht Ecken vor allem entbehren der Stütze und bröckeln zuerst ab. Dann folgen die Kanten und die inneren Teile der Ecken. Die Gestalt beginnt, sich dem Oktaeder zu nähern. Endlich bricht, von allen Seiten geschwächt, auch die Mitte des Würfels zusammen.

Nun stelle man sich einen Würfel vor, der mit fünf seiner Flächen im Gebirge ruht, dessen sechste, eine vertikale, jedoch nackt, aus der Felswand zutage tritt. Das ist beiläufig das Bild der Seitenwand eines Tunnels. Jetzt sind Ecken und Kanten ganz fest und der schwächste Punkt ist die Mitte dieser Fläche. Nur nach dieser Richtung ist einige Entlastung möglich und sie erfolgt, indem die Fläche beginnt, sich auszubauchen, nämlich sich nach außen zu wölben. Die Kohäsion des Gesteines widerstrebt. Endlich tritt ein Augenblick ein, in dem diese sich summierende Zerrung die Kohäsion auch der härtesten Felsart überwindet. Porphyr, Granit, Diabas zerreißen. Der Riß ist nicht ganz parallel der Außenfläche, sondern die Scheibe, deren Abtrennung sich vorbereitet, ist in ihrer Mitte etwas stärker, gegen den Rand hin öfters papierdünn. Eine leichte Vermehrung der Spannung und die Explosion tritt ein.

⁵⁸⁾ Berwerth, ebendasselbst 1907, S. 143.

⁵⁹⁾ M. v. Klodič in Kossmat, *Wocheiner Tunnel*; Denkschrift. Akad. Wien, 1907, Bd. LXXXII, S. 91.

Die Zerrung hat nicht nur senkrecht auf die Wand, sondern auch gegen die Mitte der leichten Wölbung von dem Rande her stattgefunden; das Gestein hat sich der Zerrung zuerst gefügt und nun sind die abgeworfenen Scherben zuweilen größer als der Raum, aus dem sie stammen.

Es ist nicht einmal nötig, daß eine merkliche Konvexität entstehe. Bald genügt der Riß zur Entlastung und bald mag an der Felsfläche eine leichte Konkavität den Angriffspunkt für die von oben und von innen heraus wirkende Kraft geboten haben.

Nun sei nicht eine der sechs Flächen des Würfels entblößt, sondern eine der vier oberen Kanten rage samt ihren beiden Ecken am Fuße der Felswand hervor. Das sind die Treppen des Porphyrs von Quenast. Es ist gewiß kein Zufall, daß die Kanten dieser Treppen öfters Bendons bilden. Die belastende Felswand muß hier durch die Breite der Treppe hinaus wirksam geblieben sein.

Daß Belastung die wesentliche Ursache dieser Vorkommnisse ist, bestätigt sich durch die Zunahme ihrer Heftigkeit mit der zunehmenden Tiefe. Das gilt für tiefe, offene Steinbrüche, wie für Bergwerke und für Tunnels. Diese Ansicht hat auch Alb. Heim mit Entschiedenheit ausgesprochen und die Verschiedenheit der Meinung C. Schmidt's scheint nur in der Weigerung des letzteren zu bestehen, ein ziffernmäßiges Verhältnis zwischen Überlagerung und Deformation festzustellen.⁶⁰⁾

Heim's öfters gebrauchtes Wort von der „hydrostatischen Wirkung des Druckes“ erlangt in mehr oder minder einheitlich gebauten Gebieten seine Bedeutung und auf solche hauptsächlich hat auch Heim seine Befürchtungen über das Aufsteigen der Tunnelsohlen und den Anspruch auf volle, ringförmige Ausmauerung begründet.⁶¹⁾

Ein vollkommen gleichförmiger statischer Druck, wie ihn Spring, dann Kick, hierauf Rinne, ebenso Frank Adams im Experimente zu erreichen suchten und wie ihn J. John-

⁶⁰⁾ C. Schmidt, Untersuch. über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplon-Tunnel; Gutachten an die Gen.-Direkt. d. Schweizer Bundesbahnen; Bern 1907, S. 32.

⁶¹⁾ Alb. Heim. Geol. Nachlese, Nr. 14; Tunnelbau und Gebirgsdruck; Vierteljahrsschr. Naturf.-Gesellsch. Zürich 1905, Bd. XL.

ston und L. H. Adams in ihrer letzten Schrift besprechen,⁶²⁾ wird darum schwerlich innerhalb der dem Geologen zugänglichen Teile des Erdkörpers getroffen werden, weil die Natur nicht einfache Stoffe bietet, sondern Gemenge aus Stoffen von verschiedener Widerstandsfähigkeit. Ist diese Verschiedenheit groß, so kann es geschehen, daß nicht nur Entweichen aus dem scherenden Druck, sondern wahre Entmischung eintritt. So in dem bereits erwähnten Marmor des Weißeneck (Zehnerkar, Radstätter Tauern). Neben diesem liegen, gebettet in weiches Zerreibsel, Myloniten desselben lichtgrauen Kalksteines, aus dem der blendendweiße Marmor hervorgegangen ist.

Man kann sich jedoch vorstellen, daß unter allgemeiner Steigerung des Druckes und bei dem allgemeinen Streben, nach allen Seiten auszuweichen, d. i. allgemeiner Inkompetenz, eine allgemeine Stauung und selbst innerhalb dieser heterogenen Materialien ein Zustand entsteht, der sich einem gleichförmigen statischen Drucke in manchen seiner Wirkungen nähert. So mag schon wenige Kilometer unter der Oberfläche jene gesteigerte Rieghheit und Elastizität des Erdkörpers sich vorbereiten, von denen die seismischen Wellen Kenntnis geben.

Die Bergschläge bewegen sich in einem der Oberfläche des Felsens sehr nahe liegenden Teile. Anders verhält es sich mit den Sprengschüssen. Bergschläge entstehen an nicht wenig Orten, an denen nie mit Sprengschüssen gearbeitet wird, wo das letztere aber der Fall ist, werden sie durch die tiefgehende Erschütterung befördert.

So eigenartige akustische Vorgänge treten ein, daß R z e h a k von verspätetem Echo spricht und eine reflektierende Wand innerhalb des Felsens voraussetzt, wie es die Verwerfung wäre, die in Quenast den Porphyr vom Silur trennt. Vielleicht ist eine solche Wand überflüssig; vielleicht staut der Impuls des Schusses die durch den Druck vermehrte Elastizität des Felsens zurück, erschöpft sich endlich und nun drängt die gesamte zurückgestaute Elastizität nach vorne, weckt vielleicht noch einen latenten Bergschlag und läßt erst nach einer Reihe von Stunden das durchschütterte Gebirge beruhigt zurück.

⁶²⁾ J. Johnston und L. H. Adams, Über den Einfluß hoher Drucke auf d. phys. und chem. Verhalten fester Stoffe; Zeitschr. f. anorg. Chem. 1913, Bd. LXXX, S. 281—331.

Der Schlag des Hammers auf einen Block von Marmor oder Asphalt löst einen muscheligen Bruch aus. Konzentrische Wellen werden oft in ihm sichtbar. Matlock hat sie der Differenz zugeschrieben zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung und jener der elastischen Wellen. Gegen das Ende des muscheligen Bruches wird hieraus eine periodische Änderung der Spannungen erzeugt. Ist der Körper klein genug, um vor dem gänzlichen Abschlusse der Bewegung vom Rande her reflektierte Wellen zurückkehren zu lassen, dann sei die Möglichkeit für eine sehr komplizierte Zeichnung gegeben.⁶³⁾

Es ist möglich, daß hier die Elastizität in ähnlichen Wellen rückkehrt. Alb. Heim erinnert, daß die von der Sprengung selbst abgeworfenen Stücke mehr keilförmig und von jenen der Bergschläge verschieden sind.

Wir kehren zu Taf. I zurück.

Hier ließen sich drei Phasen unterscheiden: I. die Wellung der Oberfläche als die letzte Wirkung der inkompetent werdenden Faltung; II. die Diaklase a, erzeugt nach Eintritt der Inkompetenz, senkrecht auf die orogenetische Kraft A; III. die Diaklasen b und c, sich gegenseitig durchschneidend, senkrecht auf die aus der Zerlegung von A hervorgegangenen Kräfte B und C.

Daubrée meinte das Rätsel von b und c gelöst zu haben. Eine Lösung von Gips, Bienenwachs und Mastix wurde zu einem vierseitigen Prisma geformt und starkem Drucke ausgesetzt. In der Tat entstanden die sich gegenseitig durchschneidenden Diaklasen b und c. Die genauere Betrachtung von Daubrée's Abbildungen lehrt aber folgendes.

Zuerst wurde quer über einen beträchtlichen Teil der vier sichtbaren Flächen des Prismas senkrecht zur Richtung des Druckes eine leichte Wellung erzeugt, der Daubrée wenig Aufmerksamkeit schenkte. Sie ist wohl auf den Lichtbildern seiner Taf. III, nicht aber auf den verkleinerten Textfiguren S. 243 und 244 sichtbar und fehlt auch auf der kleinen Textfigur der sofort anzuführenden Schrift Becker's. Bereits 1897 schrieb jedoch Prinz unter eine verkleinerte

⁶³⁾ A. Matlock, Proc. Roy. Soc. 1912, Ser. A, Bd. LXXXVII, S. 474,

Kopie: „Les lignes ondulées sont des plissements“.⁶⁴⁾ In der Tat ist es die Phase I unserer Taf. I. Die leichte seitliche Ausbauchung, die auf allen Figuren *Daubrée's* kennbar ist, wird vorübergehend einen Teil der Inkompetenz gelöst haben.

Hierauf hat mit dem Drucke die Ausbauchung zugenommen und dann ist das Wachsprisma, wie alle Figuren zeigen, in schräger Richtung zerborsten. In diesem Augenblicke erst sind die sich schneidenden Diaklasen *b* und *c* entstanden, bei plötzlicher Lösung des Druckes. Darum gehen ihre Linien auch nicht von den Druckflächen aus, sondern von den Rändern der klaffenden Zerborstung. Die freiwerdende Elastizität der Masse hat sie erzeugt.

Die Natur scheint im Jahre 1904 in Pöfzibram einen ähnlichen Vorgang befolgt zu haben. *Mladek* meldet, daß bei dem Verbruch eines aus gebanktem Diabas bestehenden Hangenden, dieser sich gestaut habe und in regelmäßiger Zerspaltung sehr erinnert habe an *Daubrée's* Druckversuche.⁶⁵⁾

Unter dem Einflusse dieser Versuche hat *Becker* eine Erklärung von *b* und *c* vorgeschlagen, die der Torsion größeren Einfluß einräumte, aber die windschiefe Gestalt von Torsionsklüften sieht man in der Regel in der *Gare* ebensowenig als die kurzen Striemen oder sonstigen Bewegungslinien, die *Becker* anführt.⁶⁶⁾

Mit der Torsion möchte es sich aber folgendermaßen verhalten haben. Die auf Taf. I unterschiedenen Phasen der *Gare* sind ebensoviele Phasen der zunehmenden Riegeheit. Die Kraft *A* hat nicht absolut senkrecht auf den Widerstand gewirkt, den die Felsmasse bot. Anfangs verschwand die Differenz; mit zunehmendem Drucke machte sie sich mehr bemerkbar; bei der Bildung von *b* und *c* wurde sie entscheidend für die Größe des umschlossenen Winkels. Das wurde Torsion genannt. In *Daubrée's* Experiment ist auch die orogenetische Kraft nicht in Betracht gezogen, sondern nur die Belastung und nur aus der angegebenen Differenz (Abweichung von der Vertikalen) ist das Erscheinen von Wellung erklärlich.

⁶⁴⁾ *W. Prinz*, *L'échelle réduite des Expériences géol.*; Extr. de la Revue de l'Union de Bruxelles 1896/97, Bd. II, S. 44, insb. S. 12.

⁶⁵⁾ *Mladek* am ang. O., S. 350.

⁶⁶⁾ *G. F. Becker*, *Finite homog. Strain etc.* S. 13—90; ders. *The Torsional Theory of Joints.* Trans. Americ. Journ. of Min. Eng. 1894.

Die Experimente Daubrée's haben nicht die Lösung gebracht, aber sie haben den Weg gewiesen. Sie haben gelehrt, daß es sich hier um die Wirkung der Elastizität des Gesteins auf vorgezeichnete Kraftlinien handelt, die geweckt wird durch plötzliche Lösung hohen Druckes. In den Tiefen kann eine momentane Entlastung veranlaßt werden von dem Durchziehen seismischer Wellen.

Auch Becker gab schon 1893 immerhin für gewisse Fälle die Möglichkeit zu, daß ein „Shock“ von Einfluß gewesen sei.⁶⁷⁾

Der große Batholith Boulder, Mont., besteht aus Quarz-Monzonit. Er umschließt den einst überaus reichen Erzdistrikt Butte (auch bekannt unter dem Namen Anaconda). Die treffliche Monographie Weed's sagt: Die Homogenität des Monzonits hat einen Zustand entstehen lassen, „der sich ergibt, wenn ein Block von gleichartigem Materiale einem Drucke unterworfen und die Kraft in zwei Komponenten zerlegt wird. Die Gänge von Butte zeigen . . . eine regelmäßige Klüftung mit bestimmten entgegengesetzten Systemen und gleichzeitigen Ursprungs.“⁶⁸⁾

Wir möchten sagen: die Gänge liegen in b und c. Es sind auch Intrusivgänge von Rhyolith vorhanden, die Erzgänge durchschneiden, ohne sie zu stören; auch sie mögen plötzlicher Entstehung sein. Rhomboedrische Gestalten erscheinen im Monzonit. Im allgemeinen erstreckt sich die Klüftung aber doch nur auf einen beschränkten Teil des großen Batholithen und Weed folgert, daß sie nicht von einer gebirgsbildenden Bewegung erzeugt zu sein scheint, sondern von einer lokalen und plötzlichen, wie in Begleitung eines Erdbebens oder einer vulkanischen Eruption.

⁶⁷⁾ ders., Finite homog. Strain, S. 60. — Prof. W. O. Crosby in Boston meinte seit 1882, daß die Sprünge, die »wie ein einziger scharfer Schwerthieb eines Titanen die härtesten Gerölle eines Conglomerates und zugleich die nachgebende Matrix glatt durchschneiden«, nur durch Erdbeben herbeigeführt sein könnten. Während des Druckes dieser Seiten hat er mich durch die Zusendung einer Schrift aus dem Jahre 1893 zu Dank verpflichtet, in der gleichfalls Erdbeben in die zweite Linie gestellt werden; ders. The Origin. of parallel and intersecting Joints. Technolog. Quart. 1893, Bd. VI, 230—236.

⁶⁸⁾ M. H. Weed, Geol. and Ore Deposits of the Butte Distr. Mont.; U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, Nr. 74, 1912, S. 262, Karten; insb. S. 59—64.

Schon eine recht mäßige Erdbewegung, die etwa das Herabsinken des Schlußsteines eines Gewölbes veranlaßt, möchte wohl hinreichen, um Diaklase zu öffnen. Zugleich lehren Butte (und vielleicht Přizibram), daß die Einzelheiten der Gare auch ohne Eingreifen der orogenetischen Kraft erzeugt werden können.

Diaklase und Paraklase. Die vorstehenden Seiten haben gar wenig Nachricht von der Andauer der orogenetischen Kraft A gebracht. In den Steinbrüchen der Vereinigten Staaten, in denen man solche Spuren nach den Berichten von Smiles vermuten durfte, versagten diese; die Bergschläge gehen aus Belastung hervor; selbst die Verästelungen der Gare können durch örtliche Umstände erzeugt werden. Wirkliche Andauer wurde nur aus dem Karawankentunnel gemeldet, leider unter Umständen, die neuerliche Prüfung nicht gestatten. Dagegen wurde schon in Tiefen von kaum mehr und selbst von weniger als 1 km eine immerhin auffallende Steigerung der Neigung zu Explosionen wahrgenommen, die sich auch öfters an der Oberfläche als Erdbeben bemerkbar gemacht haben.

Die Explosionen werden durch das Freiwerden der Elastizität bei plötzlicher Lösung von Spannungen hervorgebracht, und dabei sind Klüfte entstanden, welche die härtesten Felsarten glatt durchschnitten haben. Das tritt bei Basalt durch Abkühlung ein und das Zerspringen der Wüstenkiesel mag in dieselbe Reihe gehören. Läßt man diese Erscheinungen der Oberfläche beiseite, so zeigt sich, daß schon in mäßigen Tiefen die Belastung eine solche Näherung der Felsarten herbeizuführen vermag, daß sie trotz ihrer Mannigfaltigkeit einige Merkmale statisch gleichförmig gepreßter Stoffe annehmen. Die Bildung derartiger durchschneidender Kräfte bliebe sonst unbegreiflich. Oft werden wohl auch jene merkwürdigen Erscheinungen auftreten, die nach Mach's Versuchen die Begleiter sehr hoher Deformationsgeschwindigkeiten sind.⁶⁹⁾

Jedenfalls trennen sich zwei durch ihren Ursprung verschiedene Disjunctionen. Das hat bereits vor Jahren mit großem Scharfsinne D a u b r é e erkannt und er schied die D i a k l a s e n an denen wie er meinte, keine seitlichen Bewegungen be-

⁶⁹⁾ E. Mach und D. Wentzel, Ein Beitrag zur Mechanik der Explosionen; Sitzungsab. Akad. Wien 1885, Bd. CXII, Abt. II, S. 92; Lehmann, Molekular-Physik; Bd. I, S. 77—79 und an anderen Orten.

merkbar seien, von den Paraklasen, die von sonstigen Spuren dynamischer Beeinflussung begleitet sind. Man wird sich kaum weit von Daubrée's Grundgedanken entfernen, indem man jene Zerreißen, bei denen die Elastizität die entscheidende Kraft ist, als Diaklasen ansieht, und jene, bei denen es die orogenetische Kraft und die Schwere sind, als Paraklasen. Die ersteren würden dann plötzliche Lösung von Spannungen bedeuten und die letzteren würden alle anderen tektonischen Bewegungen umfassen.

Es wird sich bald zeigen, daß einzelne Typen leicht zu unterscheiden sind, daß jedoch auch beide Merkmale vereinigt auftreten können.

Daubrée scheint bei der Abtrennung der Diaklase in erster Linie die aus Torsion hervorgehenden Sprünge in einer Glastafel berücksichtigt zu haben. Ihre außerordentliche Länge, ihre grade Richtung oder eigenartig strammen Kurven, die große Schnelligkeit der Fortpflanzung, dabei die Seltenheit einer Gabelung sind allbekannt.⁷⁰⁾ Auch die Bildung gleichzeitiger, sich gegenseitig durchschneidender Sprünge, wie sie hier in der Gare beschrieben wurden, zählt Stapff mit Recht zu den Merkmalen der Diaklase.

Wer an die bituminöse Culmer Vein denkt, die, von 30 Zoll bis zur Stärke eines Messerrückens wechselnd, gradlinig, mit glatten Seitenflächen, unabhängig vom Streichen der Gesteine, durch 11 km in der Wüste von Utah kennbar ist, wird in ihr die Lösung einer tiefliegenden Spannung erkennen.⁷¹⁾

Betrachtet man daneben irgendeine typische Paraklase, sei es eine auf schräger Sohle sich bewegende Überschiebung oder eine Verwerfung mit ihrer Schlepplage, vielleicht hervorgehend aus einer noch sichtbaren Flexur, mit ihrer Neigung sich in Staffeln zu teilen usw., so ergibt sich der Gegensatz.

Wenn die Diaklase aus einer Spannung in der Tiefe hervorgegangen ist, und keine weitere Bewegung eingetreten

⁷⁰⁾ K. A. Lossen, Über ein durch Zufall in einer Fensterscheibe entstand. Torsionsspaltennetz; Jahrb. d. geol. Landesanst. 1886, S. 336—347, Taf.; F. M. Stapff, Eine zerbrochene Fensterscheibe; Glückauf Nr. 26 vom 1. April 1893.

⁷¹⁾ Antlitz der Erde; Bd. III, S. 642 für weitere Beispiele und das sogenannte Zerschlagen der Gänge.

sein soll, wie wurde diese Spannung gelöst? Nur in den Erdbeben kann einiger Aufschluß gehofft werden. Hier aber begegnet man unerwarteten Schwierigkeiten.

Die Erdbeben der nordöstlichen Alpen und soweit sie bekannt sind, auch jene der westlichen Karpathen, sind Transversalbeben. Sie haben dabei (zwar ihr Maximum im Gebirge, aber ein großer, oft der bei weitem größere Teil ihres Verbreitungsbezirkes liegt in den alten Felsarten des Vorlandes. So war es am 15. Januar 1858 bei dem Erdbeben von Sillein, das bis Trebnitz nördlich von Breslau gefühlt wurde, so am 3. Januar 1873 bei dem Stoße von Lengbach, von dem noch weiter gesprochen werden soll, so bei jenem von Müzzuschlag vom 14. März 1837, dessen Schütterkreis bis Alt-Bunzlau reichte, so auch mit jenem von Scheibbs vom 17. Juli 1876, das in einem allmählich sich verengenden Umrisse bis über Dresden hinaus bemerkt wurde.⁷²⁾

Zu einem ähnlichen Ergebnisse ist auch W. v. Lozinski für die Westkarpathen gelangt.⁷³⁾

Betrachten wir Lengbach, 3. Januar 1873.⁷⁴⁾

Die Stelle liegt nahe dem äußeren Rande der Flyschzone. Die Erschütterung breitete sich eine Strecke weit längs diesem Rande nach Ost und West aus, aber sie erlangte eine weitaus größere Ausdehnung, in einer geraden, von SSO gegen NNW streichenden, ziemlich schmalen und 95 km langen Zone. Von dieser Achse, der Kamplinie, lagen etwa 57 km nördlich vom Außenrande der Flyschzone.

Am 12. Juni 1874 wiederholte sich die Erschütterung, drang jedoch gegen die Alpen kaum über die Breite der Flyschzone vor.

Am 15./16. September 1590 bezeichnete genau dieselbe Stelle zwischen Rappoltenkirchen und dem bis heute eine Ruine gebliebenen „Im Thurm“ (bei St. Christophen, unweit Alt-Lengbach) das Maximum einer Erschütterung auf derselben Linie. Die damaligen Gesuche um Steuererleichterung gestatteten diese Feststellung. Damals aber kam noch in Leitmeritz

⁷²⁾ Ebdas. Bd. I, S. 106. -- A. Kowatsch, Mitt. Erdbeb. Kommiss. Akad. Wissensch. 1911, Bd. XL.

⁷³⁾ W. v. Lozinski, Das seism. Verhalten der Karpathen gegen ihr Vorland; Gerland, Beitr. z. Geophys. 1912, Bd. XII, Kl. Mitt. S. 16—26, Karte.

⁷⁴⁾ Die Erdbeben Niederösterreichs; Denkschr. Akad. Wien 1873, Bd. XXXIII, S. 61—98, Karten.

die große Glocke ins Schwingen und die seismische Achse verlängerte sich von 95 auf mehr als 300 km, von denen aber, wie es scheint, auch nur etwa 38 den Alpen zufielen. Sowohl 1590 als 1873 war die Ostseite mehr betroffen als die westliche.

Eine tiefe tertiäre Bucht, die das untere Tal der Triesting umschließt, wird von Bittner in ursächliche Verbindung mit der Kamplinie gebracht, ebenso eine Anzahl N 35° W streichender Querstörungen. Das maßgebende Streichen der Alpen ist hier NO.⁷⁵⁾

Bei so ausgesprochener Selbständigkeit der Richtung ist man zu der Annahme genötigt, daß diese transversalen Beben Spannungen in der Unterlage der Ostalpen, daher der versenkten böhmischen Masse zuzuschreiben sind. Bei der Empfindlichkeit solcher Spannungen gegen Belastung und dem Umstande, daß sowohl Lengbach als Scheibbs sehr nahe dem Außenrande der Alpen liegen, konnte weiter die Vermutung Raum finden, daß die gegen NNW gerichtete Bewegung in dem Augenblicke zur Lösung gelangte, in dem sie aus der Belastung durch die Alpen hervortrat. Ohne jedoch auf ähnliche Vorstellungen einzugehen, soll nur festgehalten werden, daß diese Bewegungen in manchen Merkmalen an typische Diaklasen erinnern und daß der Deckenbau der Ostalpen aus anderen tektonischen Bewegungen hervorgegangen sein muß.

Kaum ist in den letzten Jahren ein Erdbeben in betreff seiner ersten Äußerungen genauer bekannt geworden, als jenes von S. Francisco vom 18. April 1906. Die Länge der Achse beträgt nach Gilbert rund 300 oder 400 Miles (480 bis 640 km).⁷⁶⁾ Sie ist gerade gestreckt mit wenig Krümmungen von großem Halbmesser. Sie liegt innerhalb der schon öfters erschütterten St. Andreas-Fault, die auf längere Strecken im

⁷⁵⁾ Ad. Bittner, Die geol. Verhältnisse von Hernstein in Niederösterreich 1882, 4^o, S. 308 (zugl. M. A. Becker, Hernstein in Niederösterreich, Bd. I) Karten; auch abgedruckt im Jahrb. geol. Reichsanst.

⁷⁶⁾ G. K. Gilbert, The Earthquake as a natural Phenomenon in: The S. Francisco Eq. and Fire of 18. April 1906; Bull. U. S. Geol. Surv. 1907, Nr. 324, S. 1–13, Taf.; ferner: The Californ. Eq. of 18. April 1906, Bd. II, 4^o, 1908 und 1910, Atlas; Bd. I, allg. Beschbg. v. Lawson; II. phys. und tekton. Phenomen. von H. F. Reid. Außer diesem von einer Kommission der hervorragendsten Fachmänner gelieferten Berichte F. Omori, Prelim. Note on the Cause of the S. Franc. Eq.; Bull. Imp. Eq. Investig. Committee, Tokyo 1907, Bd. I, S. 7–25 und andere.

Relief sichtbar, stellenweise ein streichender Graben ist, der bis in die tertiäre, vielleicht sogar in die cretacische Zeit zurückreicht. Die Spannung hat sich seit Jahren vorbereitet; ihre Lösung fand sie, indem die SW-Seite sich gegen NW und die NO-Seite gegen SO scheinbar bewegten. Diese longitudinale Bewegung erstreckt sich auf wenigstens 300 km; sie erreicht im Maximum 21 Fuß (6·35 m). Der Vorgang der Lösung bedurfte nach verschiedenen Schätzungen 1 bis 2 Minuten und bestand aus vielen kleineren Lösungen, so daß von Frictionswellen und von harmonischen Wellen gesprochen wurde, die von der Achse ausgingen. Die Verschiebung zeigte sich an Straßen, Gartenzäunen usw., aber im Relief ist keine dauernde Spur geblieben.

Die kalifornische Achse von 1906 ist sicher aus angesammelter Spannung hervorgegangen und trägt Merkmale einer Diaklase, aber sie durchläuft alte Gräben und ist daher eine Wiederholung. Auch die gesteigerte Tätigkeit auf einer der beiden Seiten der Kammlinie wird durch die longitudinale Entlastung leichter verständlich.

Diese beiden seismischen Beispiele mögen als eine recht knappe Vorbereitung gelten zur Erörterung einer schwierigen Frage.

Der Südrand der böhmischen Masse ist zumeist recht steil. Bei Wels wurde bekanntlich 17 km südlich von Linz der moldanubische Cordieritgneis erst unter 1037 m mittel-tertiärer Sedimente (in — 722 m) erbohrt. Gegen Nordwesten standen dagegen in der Richtung gegen den Inn vor Jahren zahlreiche kleine Granitbrüche unter einer ganz geringen Decke von tertiären Schollen in Betrieb. Am Inn selbst tritt das alte Gebirge in Hügeln zutage. Bei Fürstencell, südwestlich von Passau, tritt unter tertiären Ablagerungen etwas weißer Jura hervor.⁷⁷⁾

Mit dieser kleinen Kuppe beginnen die Spuren in den Granit eingeklemmter Schollen von Jura und Kreide und mit diesen eine der merkwürdigsten geologischen Erscheinungen von Mittel-Europa. Sie ist an einem anderen Orte ausführlich

⁷⁷⁾ L. A. A m m o n, Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau; Abhandl. zool. Ver. Regensburg 1875, Bd. X. S. 97.

geschildert worden und es sollen daher nur neue Beobachtungen und neue Auffassungen angeführt werden.⁷⁸⁾

Von dem sägeförmigen Westrand des bayrischen Waldes und vom östlichen Mähren gehen zwei durch Mittelglieder verbundene große Eüschel oder Virgationen von Linien aus, die, oft in leicht gekrümmtem, oft in gradem Laufe, im Süden gegen NW, im Norden gegen NNW streichend, nach derselben Richtung an Intensität abnehmend, in einzelnen Fällen mehrere hundert Kilometer lang, das Land von der Donau bis nach Bornholm und Schonen durchziehen. Sie sind zum größten Teile jünger als obere Kreide und älter als die erste Mediterranstufe. Sie durchschneiden ohne sichtbare Ablenkung das ganze variscische Faltensystem. Der Pfahl gehört ihnen an und zeigt ihr Hervortreten aus der Tiefe des Urgebirges. Aus dem Harze treten einzelne als Erzgänge hervor. Zumeist ist ihr südlicher Teil gesenkt und oft ist er vom nördlichen überschoben. Es gibt aber auch einzelne nördliche Absenkungen und dann können zwischen diesen Linien Gräben entstehen. Das sind Koenen's Versenkungsbecken. Es scheint nicht, daß eine einfache Summierung der Beträge der vorwiegend südlichen Absenkungen gestattet sei.

Der gerade Nordrand des Eulengebirges bezeichnet ihre Grenze gegen OSO. Die Horste des Thüringer Waldes, des Teutoburger Waldes und andere liegen zwischen diesen Linien. Die gesamte Anlage und die Übereinstimmung so vieler Merkmale bezeugen, daß sie eine tektonische Einheit bilden, hervorgegangen aus einer gemeinsamen Ursache. A. v. Koenen erkannte für den nördlichen Teil bereits 1886 die Einheit und verglich sie den Karpinskyschen Linien.

Die eingeklemmten mesozoischen Schollen am Südrande der südlichsten Linie bestehen aus sehr wenig Trias, aus oberem Jura und böhmischer Kreide. Sie sind meist aufgerichtet oder überbogen. Unweit Vilshofen konnte Rothpletz ein Fenster beschreiben, in dem weißen Jura aus von NO her überschobenem Granit hervorblickt.⁷⁹⁾

⁷⁸⁾ Antlitz der Erde, Bd. III, S. 32—39.

⁷⁹⁾ A. Rothpletz, Die ostbayr. Überschiebung und die Tiefbohrungen bei Straubing; Sitzungsber. Akad. München 1911, S. 145—189, Karten; auch J. F. Pompecky, Jura-Ablag. zwischen Regensburg und Regenstauf; Geogn. Jahrb. 1901, Bd. XIV, S. 139—220 und W. Kranz, Die Überschiebung bei Straubing; ebendas. 1912, Bd. XXV, S. 229—235.

Noch bemerkenswerter ist Rothpletz' Schilderung der von Weithofer veranlaßten Bohrungen bei Straubing. Man hoffte am Fuße des Steilrandes Kohle zu finden. Eine erste Bohrung ergab 425 m All. u. tert., 313·25 cret., 65·0 jur. Hier, in 803·25 m, wurde die Bohrung aufgelassen. Um 4·5 km näher am Rande wurde eine zweite unternommen. Das Ergebnis war: 107·3 All. u. tert.; 589·6 p. (Rotliegendes); 106·6 cret., in Summe 803·5 m. Da Dacqué an Fossilien zeigen konnte, daß Senon über Turon und Cenoman lagert, folgerte Rothpletz, daß nicht Faltung, sondern Schub vorliege.

Dieser merkwürdige Rand endet plötzlich in der Nähe von Regensburg an einem fast unter einem rechten Winkel gegen NNO gerichteten anderen Rande, der Keilberg-Spalte.⁸⁰⁾ Aber in seiner Fortsetzung erscheint eine Störung von anderem Baue, eine lange, bogenförmige Flexur, an deren südlicher Seite alles Land bis Ulm zur Tiefe sinkt. Bald scheint sie sanft zu sein, und bald löst sie sich in Verwerfungen auf.⁸¹⁾ An dieser in der Fortsetzung des Randes von Straubing liegenden Kurve sind ähnliche Störungen unbekannt. Ihr Verlauf entspricht in so auffallender Weise dem Rande der Alpen, daß Deffner bereits vor langer Zeit einen ursächlichen Zusammenhang vermutete.

Die böhmische Masse war einmal ein ansehnliches Hochland, zum größten Teile bedeckt von horizontalen Schichten der mittleren und oberen Kreide. Dann haben sich einzelne Teile gesenkt, zumal das Elbtal. Der Südwestrand des Riesengebirges und des Lausitzer Granites ist der Ostrand der Senkung. In großer Flexur sieht man z. B. bei Liebenau das Rotliegende vom Gebirge sich zur Tiefe senkend. An anderen Punkten ist die Kreide steil aufgeschleppt. Weiter gegen NW aber, wo die Niederung endet, ist es, als hätte der Betrag der Senkung sich sehr gesteigert und sei der NO-Teil gegen SW überschoben. Bei Daubitz, an der Reichsgrenze, liegt der Lausitzer Granit über einer großen Scholle von Rotliegend, unter dieser etwas Jura, dann Kreide. Das Ausmaß der Über-

⁸⁰⁾ W. Kranz, Die Keilberger Randspalte; ebendas. 1911, Bd. XXIV, S. 259—262. Man vergleiche die rechtwinkligen Quersprünge in Glas in den angeführten Schriften von Lossen und Stapf.

⁸¹⁾ z. B. E. Fraas, Die Tertiärbild. am Albrand in der Ulmer Gegend; Jahresh. Ver. Naturk. Württemberg 1911, Bd. LXVII, S. 535—548.

schiebung dürfte mehr als 4 km betragen.⁸²⁾ Die Störung setzt östlich von Dresden fort. Sie zeigt sich sehr deutlich und mit derselben überstürzten Schichtfolge bei Schloß Hohenstein, wo schon in den ersten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts die Auflagerung von Granit auf Kreide Diskussionen hervorrief. Dann tritt sie in die Syenitmasse von Meißen ein.⁸³⁾

Dieses ist der Elbruch oder die Lausitzer Hauptverwerfung. Seine Verwandtschaft mit dem Donaubruche ist augenfällig. Es gibt Punkte an der Elbe, von denen aus man stromaufwärts blickend sehen kann, wie von den Abhängen des Schneeberges, des Ecksteins des Erzgebirges, die weite cretatische Decke, vom Strome durchkreuzt, sich unter den Bruch neigt.

Im Osten treten nun aus den Sudeten, im Westen und Süden aus Böhmen und Bayern die langen Nordwestlinien hervor mit ihren durch Verengung gefalteten streichenden Senkungsbecken und ihren streichenden Horsten.⁸⁴⁾

Die langen NW- bis NNW-Linien geben auf einer Karte ein Gesamtbild, das sich sehr zwei Torsionsbündeln im Sinne Daubrée's nähert. Es ist nicht notwendig, bei der Bildung wahre Drehung vorauszusetzen.⁸⁵⁾ Die unvollständige Teilung der beiden Bündel dürfte zum Teile durch die Lage des Erzgebirges veranlaßt sein. In seinem westlichen Teile gibt es viele transversale Quarzgänge; gegen Ost werden sie seltener.

Diese Linien berühren nirgends die Alpen. Sie sind einheitlichen Ursprunges, und zwar liegt dieser Ursprung höchstwahrscheinlich unter der böhmischen Masse, zugleich vielleicht unter einem Teile der Sudeten. Der Elbruch ist sicher Bruch und Senkung; das ergibt sich aus der Verbindung mit der Flexur, die an dem Ostrande der Elbniederung hinläuft. Für die übrigen Linien ist der gleiche Bau vorauszusetzen.

⁸²⁾ Franz Suess, Bau und Bild Österr., S. 252.

⁸³⁾ Die sächsische Spezialkarte gibt ein vortreffliches Bild. Diese verzeichnet auch eine der Störung parallele Zone von Zermalmung im Granit.

⁸⁴⁾ Die ersten wurden als saxonisches oder saxonisch-Kimmerisches Gebirge, ein Teil der Niederung zwischen den Horsten als saxonische Scholle bezeichnet. Hierüber sei auf die Verhandlungen der Deutsch. geol. Gesellschaft vom 10. August 1912 (Monatsb. S. 476 und folg.) verwiesen.

⁸⁵⁾ Diese Frage erörtert in Bezug auf Torsionen überhaupt F. M. Stapff in der bereits erwähnten Schrift über eine zerbrochene Fensterscheibe.

Die Überschiebungen sind nachgefolgt und wenden sich fast ausschließlich gegen SW, das ist der Faltungsrichtung der Alpen entgegen, als würde eine allgemeine Ausgleichungsbewegung gegenüber einer noch größeren Senkung unter den Alpen angestrebt. Bei dem Elbbruche kommt dazu die postcretacische Senkung innerhalb Böhmens.

Die Linien dürften alle postcretacisch sein, doch ist das streichende Versenkungsbecken von Döhlen bei Dresden älter als Cenoman und folglich älter als die große Senkung am Ende des Erzgebirges und älter als der Elbbruch.

Folgerungen und Hypothesen. Schon nahe der Oberfläche der Erde treten öfters Umstände ein, in denen Sedimentgesteine ihre Faltung auszuüben nicht imstande sind. Dann erscheint als ein Zeichen der Inkompetenz die Gare. Diese selbst läßt z. B. am kärntnerischen Bänderkalke die verschiedenen Phasen der vorschreitenden Inkompetenz erkennen. In sehr harten Felsarten zeigt sich oft die Gare in ausgezeichneter Weise, wie im Porphyry von Bozen, aber bei Quenast in den Ardennen kommt es nicht einmal zur Bildung der Gare. Die Spannung bleibt latent und das Gestein antwortet auf eine Verletzung mit einem explosiven Schlage. Das kann im offenen Steinbruche bereits in der Tiefe von 36 m geschehen und Zahl und Heftigkeit der Schläge steigen mit der Tiefe.

Im Braunkohlenwerke von Hausham in Bayern treten solche Schläge schon in 500 m auf, was für weniger feste Gesteine wenig ist. In Bergwerken, wie Příbram, tritt man erst unter 1000 m in die schlagende Region und in den großen Alpentunnels dürfte sie im Durchschnitte noch etwas tiefer liegen. Die Erscheinung ist aber eine allgemeine. Schon in dieser geringen Tiefe zeigt sich eine Zunahme der Rieghheit. Die Schläge sind, wenn auch vom Menschen hervorgerufen, wahre Erdbebenschläge und werden in einzelnen Fällen vom Seismometer verzeichnet.

Schon in der Gare kann man große Flächen erkennen, die mit einer Schonungslosigkeit, die der normalen Tektonik unserer Gebirge fremd ist, die verschiedensten Gesteine ohne Ablenkung glatt durchschneiden. Sie sind die Vorläufer der Disjunktionsflächen der schlagenden Region. Hier, in inkompetentem Gebiete, vollziehen sich Lösungen weit schwerer;

die scharfen Sprünge, die hier entstehen, dürfte Daubrée im Auge gehabt haben, als er zunächst für die Gare das Wort Diaklase schuf und der Paraklase entgegenstellte, nämlich die Disjunction aus Spannung gegen jene aus örtlicher tektonischer Bewegung.

Die Belastung bildet ohne Zweifel eine der Ursachen dieser erhöhten Rieghheit; ob innerhalb der inkompetenten Region doch auch Spuren der tangentialen tektonischen Bewegung vorhanden sind, ist aus folgenden Umständen schwer zu entscheiden.

Zuerst kann von dem bisher Gesagten überhaupt nur der allergeringste Teil in Betracht kommen bei den großen tektonischen Bewegungen des Hochgebirges. Die Verfrachtung der Silvretta, der Ötztaler und der ganzen kristallinischen Unterlage der Ostalpen setzen Tiefen des Ursprunges voraus, denen die hier besprochenen nicht verglichen werden können. Dazu kommen die grünen Gesteine auf den Bewegungsflächen. Es ist aber nicht schlecht, wenn diese höchst schwierigen Fragen beiseite bleiben bis die einfacheren Fälle etwas aufgehellte sind. Hiedurch entfällt für jetzt die übergroße Zahl eigentlich gebirgsbildender Beben, die Montessus de Ballore in seiner seismischen Hauptzone verzeichnet.

Aus den minderen Tiefen werden je nach den Umständen einzelne Diaklasen die Oberfläche erreichen und andere nicht. Da es habituelle Stoßlinien gibt, ist es sogar möglich, daß erst nach wiederholten Sprengungen der Tag erreicht wird. Hier nun fügen sich oft die Merkmale von Paraklasen, das heißt tektonische Senkungen, Überschiebungen oder Faltungen in der Weise an, daß der Ursprung zweifelhaft wird. Dann bleibt noch ein Kennzeichen zurück, nämlich die Vereinigung solcher Linien zu Einheiten, deren Grundriß dem sonstigen Baue des Landes fremd ist. Hievon sind in Österreich und Deutschland drei Fälle bekannt:

1. Die Rheinbrüche, die sich als durch selbständige Diaklasen vorgezeichnet ansehen möchte.

2. Jene ostalpinen Transversalbrüche, deren gradlinige Fortsetzung in das Vorland nachgewiesen ist. Hier fühlt man auf der Kamplinie nur die sich wiederholende Diaklase. Ich habe sie fälschlich eine Blattlinie genannt, denn mit Ausnahme der Bucht an der unteren Traisen übt diese Linie

so wenig Einfluß auf die Oberfläche, daß man kaum sagen kann, sie erzeuge ein Blatt. Ihr Ursprung unterhalb der Sedimente der Ostalpen, in der sie unterteufenden Fortsetzung des Vorlandes, scheint mir außer Zweifel zu stehen.

3. Die Donelbebrüche. So mögen jene langen NW bis NNW streichenden Diaklasen genannt werden, die zwischen Donau und Elbe und noch darüber hinaus einen so großen Teil von Mittel-Europa durchschneiden. Entkleidet man sie der Zutaten, so stellen sie die Projection eines Systems von Spannungen vor, die in größerer Tiefe dieses Vorland der Alpen nach der Kreide und vor der ersten Mediterranstufe eine Zeitlang beherrscht haben und möglicherweise heute noch beherrschen, — eine Landstrecke, die sonst seit dem Obercarbon für größere tektonische Bewegungen tot gewesen zu sein scheint, und vielleicht erst durch Senkungen, wie jene des Elbtales in Böhmen und durch diese Diaklasen örtlich zu solchen erweckt worden ist.

Betrachten wir etwas genauer die Lage.

Die während des Carbon aufgebauten Altaiden (variscisches und armoricanisches Gebirge) treten bei Krakau unter den Karpathen hervor und erreichen, in Horste aufgelöst, den atlantischen Ozean. Sie zeigen drei merkwürdige Einsenkungen, eine in Portugal, aus der sich die gefaltete Kette Arrabida (mit Cap Espichel) erhebt, eine zweite, das Becken von Paris und London bildend, welche die Faltung des Pays de Braye, jene der Insel Wight und andere junge Gebilde umschließt, endlich die weite Senkung der Alpiden. Am südlichen Rande der Horste erreicht diese Senkung den Fuß der Sierra Morena.

Nach den letzten Aufnahmen Gentil's befindet sich im Hohen Atlas, SW vom Übergange Tizin Telouat und bis zum Übergange Bibaoun, N vom Wadi Sus, eine etwa 200 km lange Strecke von Hochgebirge, die zu den Altaiden gehört.⁸⁶⁾ Weiter gegen Osten liegen weitere Spuren von Untercarbon.

Die Altaiden bilden daher ein bedeutendes Stück eines Rahmens um die Alpiden und darum spricht man von einer Rahmenfaltung der Alpiden.

Der Rahmen ist erstarrt. In der Tiefe der Senkungen haben sich die jungen Faltenzüge gebildet. Vergeblich sucht man

⁸⁶⁾ L. Gentil, *Le Maroc physique*, Paris 1912, 8°, S. 35 und folg.

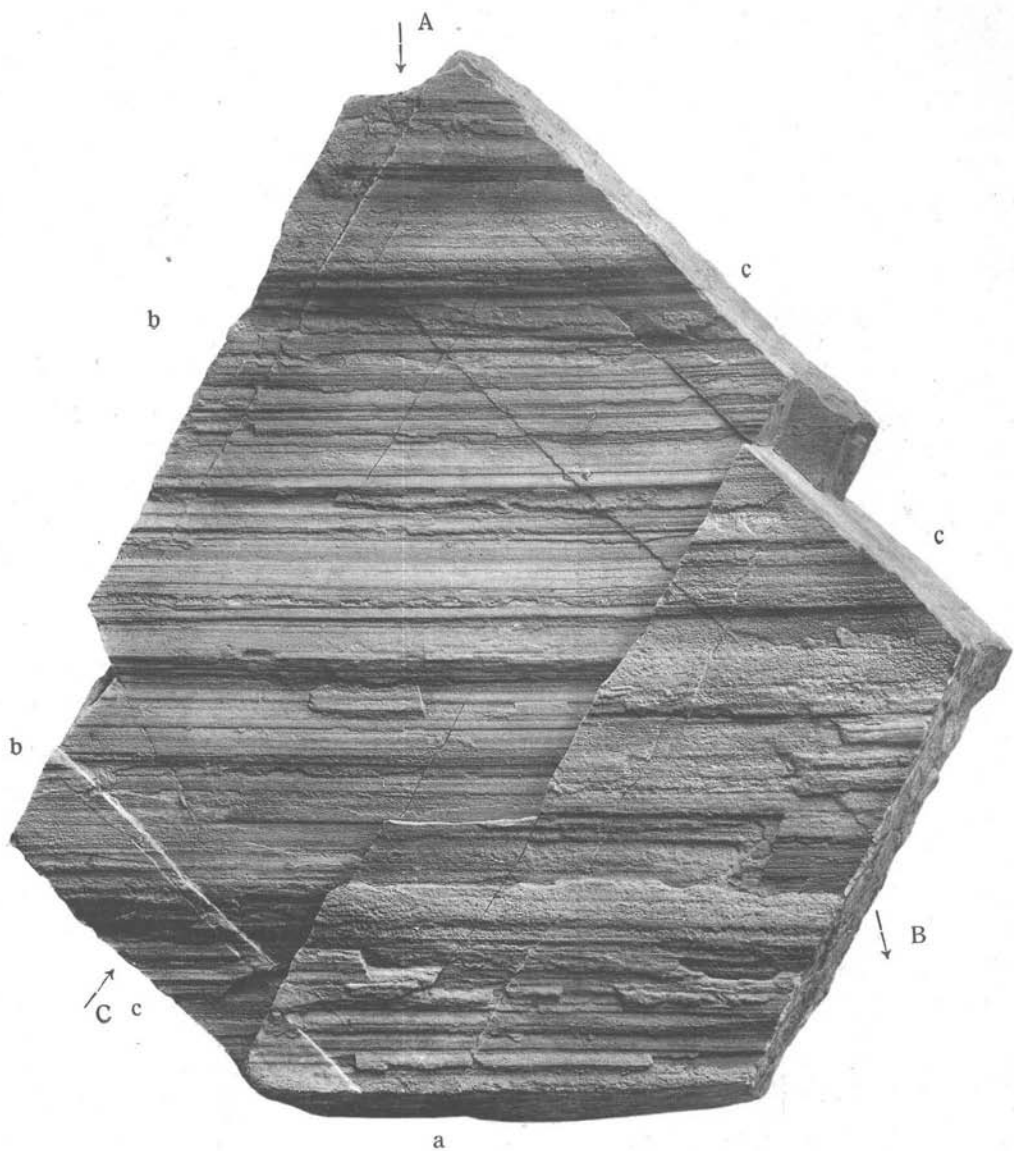
von Schlesien bis Irland junge Falten am Außenrande der Horste, während die Alpiden bis Gibraltar hinaus von jungen Falten umgürtet sind.

Bei den großen Randbögen Asiens, z. B. in Iran oder Indien, sieht man, soweit sie heute bekannt sind, Ähnliches nicht. Die jungen Falten schließen sich hier harmonisch an die alten und sie bilden räumliche Einheiten, während in Europa Trennung und räumliche Verlegung stattgefunden hat.

Unter diesen Umständen mußte die Frage erwachen, ob die Einsenkungen im Innern des Rahmens die Ursache seines Erstarrens seien. Jetzt zeigen die Diaklase in den Donelbebrüchen innerhalb der Breite des Vorlandes und gegen NW noch darüber hinaus ein System von Linien, an die sich in postcretacischer Zeit tektonische Bewegungen anfügten. Während aber der variscische Rahmen gegen Norden gefaltet ist und die im Streichen so ähnlichen Alpen gleichfalls gegen Norden bewegt sind, verraten die nun zwischen beiden kennbar gewordenen Linien an Donau und Elbe in ihren Überschiebungen die entgegengesetzte Richtung.

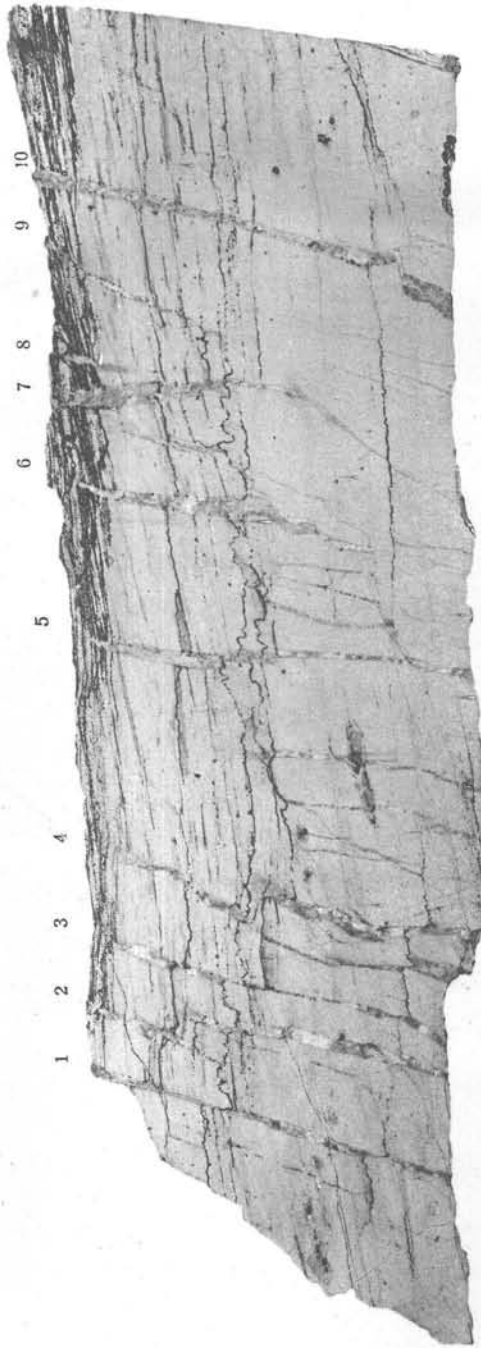
Es mag gesagt werden, daß hier eben nur nach allgemeiner Regel die Senkungen überschoben wurden, aber die Sachlage ist darum kaum minder unerwartet.

Mögen weitere Studien Licht bringen. Vielleicht ist die Verfolgung der großen Quarzgänge in den Horsten dazu ein Weg. Von den jüngeren Bewegungen im östlichen Teile des Plateau central, die bereits vor Jahren von Michel Lévy erwähnt wurden, sind meine Kenntnisse zu gering, als daß ich einen Vergleich unternehmen könnte und so mögen diese Bruchstücke schließen, die lediglich bestimmt sind, einige weniger betretene Pfade anzudeuten.



Bänderkalk vom Obelitzen-Graben bei Hermagor (Kärnten).
(nat. Gr.)

Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien, Bd. VI, 1913.



Bänderkalk vom Obelitzen-Graben bei Hermagor.

Dünnschliff nach Diaklase c ($2\frac{1}{2} \times 1$).

Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien, Bd. VI, 1913.

Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.