

Aufpressung und Explosion oder nur Explosion im vulkanischen Ries bei Nördlingen?

VON HERRN W. BRANCA.

Berlin, den 17. August 1912.

In einer Arbeit über die Frage, ob Intrusionen notwendig Hand in Hand gehen müssen mit einer Aufpressung des Hangenden¹⁾, habe ich gezeigt, daß diese Frage nicht nur bejaht werden muß, sondern daß sie, wie leicht einzusehen, sogar einen mathematisch genauen Ausdruck des Betrages dieser Aufpressung gestattet.

Die Werte, zu welchen man gelangt, sind indessen erklärlicherweise verschiedene, je nachdem man auf dem wohl von der ganz überwiegenden Mehrzahl der Geologen eingenommenen Standpunkte steht, daß der Schmelzfluß bereits als solcher, durch irgendeine Kraft getrieben, aus tieferem Niveau in höheres hinaufsteigt und dort eine Intrusion bildet. Oder ob man, von E. SÜSS' Standpunkt aus, annimmt, daß heiße Gase aufschmelzend durch die längst hartgewordene Erdrinde empordringen und dann, sich auch seitlich einschmelzend, erst eine Intrusionsmasse neu erzeugen. So ergeben sich eine „Aufsteig“- und eine „Aufschmelz“-Hypothese.

Ich schicke im folgenden (A) eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeit voraus, um dieselben dann auf die Verhältnisse im vulkanischen Ries bei Nördlingen anzuwenden.

A. Allgemeines über Aufpressung bei Intrusionsbildung.

I. Aufsteiglehre. Aufpressung durch Druck. Ein aufsteigender bzw. aufgefresser Schmelzfluß, der eine Intrusion

¹⁾ Sitzungsberichte Kgl. Akademie d. Wissensch. Berlin, Mathemat. physikal. Klasse 1912. Bd. 38, S. 707—735.

bildet, kann unmöglich, als wäre er ein wesenloses Ding, in eine feste Gesteinsmasse sich hineinbegeben, ohne daß aus letzterer ein dem Volumen der Intrusionsmasse mindestens gleiches Volumen verdrängt wird. Diese Verdrängung aber kann nur nach oben hin stattfinden, das Hangende muß also aufgepreßt werden. Hierbei ist es gleichgültig, ob der betreffende Hohlraum durch Aufblättern der Schichten infolge von Gebirgsdruck entstand, oder ob das Magma ihn sich selbst erst schafft, indem es sich gewaltsam in die Schichten eindringt.

Wenn also $1'$ das Volumen der eindringenden Intrusivmasse ist und 1 das Volumen der festen Gesteine, welches verdrängt werden muß, damit die Intrusivmasse überhaupt Platz finden kann, so ist selbstverständlich $1' + 1 = 2$. Das Volumen verdoppelt sich also an dieser Stelle; der Betrag der Aufpressung also muß (mindestens) so groß sein wie der Betrag des Volumens der Intrusivmasse. Ist z. B. bei gegebener Länge und Breite eine Intrusivmasse 300 m hoch, so muß die Aufpressung ebenfalls 300 m betragen.

Die Sache ist so einleuchtend, so selbstverständlich, daß es fast überflüssig erscheint, sie darzulegen; und doch ist es nötig.

Es entsteht indessen die Frage, ob diese Aufpressung notwendig an der Erdoberfläche stets einen entsprechend hohen Berg hervorrufen muß. Das ist wohl nicht unbedingt nötig.

Bei tiefer Lage der Intrusionsmasse ist es denkbar, daß diese Aufpressung nach oben hin sich allmählich mehr oder weniger wieder ausgleichen könnte. Falls nämlich hier in den überliegenden Schichten „Massendefekte“ in Form von Hohlräumen vorhanden sein sollten, dann würden diese zusammengedrückt werden können. Bei einer großen Mächtigkeit des überliegenden Schichtenkomplexes, also mehrfachen oder größeren Hohlräumen in demselben, könnte das sogar bis zu einer völligen Ausgleichung der Aufpressung führen, so daß an der Erdoberfläche nur ein schwächerer oder gar kein Berg entstände.

Je geringer dagegen die Mächtigkeit des überliegenden Schichtenkomplexes, desto weniger groß wird diese Wahrscheinlichkeit werden, da *ceteris paribus* in einem wenig mächtigen Schichtenkomplexe auch weniger Gelegenheit für solche Hohlräume vorhanden ist. Bei flacherer Lage der Intrusivmasse wird sich daher die Aufpressung ziemlich sicher bis zur Tagesfläche fortsetzen und dann auf dieser einen Berg erzeugen.

Wer mithin zeichnerisch oder spekulativ eine Intrusionsmasse darstellt, die dieser aus doppelter Ursache (siehe II) erfolgenden Aufpressung nicht

Rechnung trägt, der erklärt indirekt damit die Intrusionsmasse für ein körperloses und außerdem noch für ein temperaturloses Ding.

II. Aufpressung durch Erwärmung. Der Betrag der Aufpressung wird aber weiter noch dadurch erhöht, daß das Nebengestein durch die hohe Temperatur der Intrusivmasse stark erwärmt und damit ausgedehnt wird.

Die lineare Ausdehnung der Gesteine beträgt nach MELLARD READE bei einer Erwärmung um 100° C rund 0,001. Tritt nun das Intrusivmagma in der Tiefe des Intrusionsortes mit einer Temperatur von 1600° C¹⁾ ein, so würde die lineare Ausdehnung betragen 0,016. Da jedoch nach unten und nach den Seiten hin eine Ausdehnung unmöglich ist, so würde die Ausdehnung nach oben hin rund dreimal so viel, also ca. 0,048, ausmachen.

Indessen nicht nur die Temperatur t , sondern auch die Masse m der Intrusivmasse, also mt , sind hier maßgebend. Setzt man dann die durch mt bewirkte Ausdehnung des Daches $= x$, so haben wir als Gesamtbetrag des neuen Volumens $1' + 1 + x = 2 + x$. Mit anderen Worten: Das Volumen der Aufpressung entspricht nicht nur dem Volumen der hinzugekommenen Intrusivmasse, sondern auch noch der Volumenvermehrung der festen Erdrinde im Hangenden, die durch die Erwärmung hervorgerufen wurde.

Ein Einwurf. Gegenüber dieser Größe x könnte man vielleicht den Einwurf erheben, daß zwar zweifellos die Erwärmung des Nebengesteines durch die Intrusivmasse stattfinden müsse, daß es aber möglich sei, daß eine Ausdehnung auch nach oben hin durch den Druck der überlagernden Schichten verhindert würde.

Die Beantwortung der Frage wird abhängen einmal von der Höhe der Temperatur, welche das Nebengestein erlangt,

¹⁾ JOH. KOENIGSBERGER kommt zu niedrigen Temperaturen (Umwandlungen und chemische Reaktionen in ihrer Verwendung zur Temperaturmessung geologischer Vorgänge. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beil.-Bd. 32, Stuttgart 1911, S. 131): „Einige Magmen (z. B. Eifel) haben bei ihrem Empordringen sicher eine höhere Temperatur als 1000° besessen; gleichwohl hat sich in ihnen Quarz als Einschluß gehalten.“

„Einige Magmen (z. B. Kaiserstuhl) waren andererseits schon in größerer Tiefe kälter als $1100-1200^{\circ}$; ihre Erstarrungstemperatur muß also unter 1100° gelegen haben.“ .. „Bis jetzt liegt m. E. kein Grund vor, die Erstarrungstemperaturen der Magmen tiefer als 1000° anzunehmen.“

also von der Temperatur und der Masse der Intrusion. Zweitens von der Stärke des Druckes, den die auflastenden Schichten ausüben, also von der Tiefe, in welcher die Intrusion stattfindet.

Eine flachliegende, große, sehr heiße Intrusivmasse wird daher einen relativ hohen Wert von x erzeugen und damit die Möglichkeit einer Aufpressung infolge von Erwärmung. Eine tiefliegende, kleine Intrusivmasse von niedriger Temperatur wird vielleicht nicht imstande sein, den Betrag der Aufpressung zu vergrößern.

III. Aufschmelzhypothese. Bei Aufschmelzung würden allerdings die heißen Gase, als seien sie fast ein körperloses Ding, durch die Erdrinde hindurchgehen, sich eine Röhre durch dieselbe schmelzen und dann von dieser aus an irgendeiner Stelle seitwärts die Gesteine einschmelzen können, auf solche Weise eine Intrusionsmasse bildend.

Hier würde die „Intrusion“ also ihren Namen zu Unrecht führen, indem gar keine Schmelzmasse eindringen, sondern nur ein Wechsel des festen in den flüssigen Aggregatzustand stattfinden würde.

Aber da beim Übergange krystallisierter Mineralien bzw. Gesteine in den geschmolzenen Zustand ebenfalls eine Volumzunahme stattfindet, so müßte doch auch hier eine Aufpressung des Hangenden sich vollziehen; nur würde sie geringer sein als bei I. Je nach dem Mineral oder Gestein, das eingeschmolzen wird, beträgt die Volumzunahme z. B. bei Augit und Olivin ca. 15 Proz., bei Quarzit bis 17 Proz., bei Granit ca. 8,6 Proz.

Wenn also wieder 1 das Volumen der an dieser Stelle ursprünglich vorhanden gewesenen festen Gesteinsmasse ist und ein Bruchteil von $1'$ angibt, um wieviel größer das Volumen des nun durch Einschmelzen aus jener entstandenen neuen Intrusivgesteines ist, so wird das neue Volumen an dieser Stelle

$$\text{bei Einschmelzung von Granit } 1 + \frac{1'}{12} = 1\frac{1}{12},$$

$$\text{bei Einschmelzung von Quarzit } 1 + \frac{1'}{6} = 1\frac{1}{6}$$

sein; woraus sich der Betrag der im Gefolge davon entstehenden Aufpressung als $\frac{1}{6} - \frac{1}{12}$ ergibt.

Nehmen wir also wieder wie vorher eine Intrusivmasse von 300 m Höhe an, so würde je nach der Natur des einschmelzenden Gesteines (Quarzit bzw. Granit) der Betrag der Aufpressung 50 bzw. 25 m sein. Dazu kommt dann aber noch wie vorher (S. 880) der Betrag von x , welcher von m der Intrusivmasse abhängig ist.

Bezüglich der möglichen Wirkung einer tiefen oder flachen Lage der Intrusivmasse auf eine Bergbildung an der Erdoberfläche gilt natürlich ganz dasselbe wie das sub I Gesagte.

IV. Denkbare Ausnahme. Eine Ausnahme von dem sub I—II Gezeigten ist nur denkbar in dem Falle, daß eine Intrusivmasse in eine durch auslaugende Tätigkeit des Wassers entstandene Höhle im Kalkgebirge eintreten würde. Hier würde der Hauptbetrag der Aufpressung, die infolge der Bildung des Hohlraumes entstehen muß, wegfallen. Es würde nur der kleine Betrag der Aufpressung übrig bleiben, der durch Erwärmung entsteht.

Mir ist indessen nur der hier S. 278 erwähnte Fall bekannt, daß man Solches beobachtet hätte.

V. Scheinbare Ausnahme würde die von CLOOS beschriebene, überaus interessante Granitintrusion des Erogongebirges im Hererolande bilden; denn hier betont CLOOS ausdrücklich das ausnahmsweise Fehlen von Spuren einer Aufpressung (Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. 1911) des hangenden Erogon-Sandsteines. In meiner eingangs zitierten Arbeit habe ich näher ausgeführt, daß ich mir die Verwischung dieser Spuren zu erklären suche einmal durch eine horizontale (nicht gewölbte) Oberfläche der Intrusivmasse, zweitens durch späteres Wiedereinsinken des Aufgepreßten (siehe sub VII).

Die Folgewirkungen einer solchen Aufpressung in den Schichten des Daches bestehen nun im Aufreißen von Spalten, im Wiedereinsinken des Aufgepreßten, in Erderschütterungen:

VI. Spaltenbildung muß notwendig während der Aufpressung eintreten. Dadurch kann — je nachdem die Spalten bis zur Tagesfläche aufreißen oder nur in der Tiefe entstehen — weiterer Aufstieg des Schmelzflusses bis zur Tagesfläche oder nur Gangbildung erzeugt werden. Beiderlei Spalten wird man aber, wenn man das nicht berücksichtigt, leicht ohne weiteres als tektonische Spalten erklären wollen, während es doch hier echt vulkanische Spalten sind, die den Ausbruch wie die Gangbildung ermöglichen! Das Magma schafft sich hier also selbst den Ausweg, nicht aber tektonische Spalten ermöglichen ihn.

Auch Kontaktexplosionen werden durch diese Spalten ermöglicht, indem Wassermassen, die in der Erdrinde angesammelt sind, plötzlich in die Nähe des Schmelzflusses gelangen können.

VII. Wiedereinsinken des Aufgepreßten. Ganz ebenso wie das Magma einer Eruption, nachdem diese beendet ist, wieder in die Tiefe hinabsinken und verschwinden kann¹⁾,

¹⁾ Es kann eventuell auch im Schlotte bald erstarren und dann nicht zurückfließen.

so muß das Zurückfließen auch stattfinden können, wenn das Magma nur unter Tage eine Intrusion gebildet hat.

Im letzteren Falle wird das Dach des von der Intrusionsmasse ausgefüllt gewesenen Hohlraumes einsinken können, so daß dann die Aufpressung sich teilweise in eine Einsenkung verwandeln kann. Dieses Zurückfließen und Einsinken aber wird erfolgen können, gleichviel, ob das Magma aufgestiegen war (I), oder ob es erst durch Einschmelzen (III) sich gebildet hatte.

Der Betrag des Einsinkens aber wird ein noch größerer werden können, wenn, wie sub VIII zu besprechen, mit einer Intrusion auch noch Extrusionen Hand in Hand gehen. Es würde dann ein Abfließen nicht nur nach unten, sondern auch nach oben hin stattfinden, folglich das Einsinken ebenfalls noch verstärkt werden.

Aber noch durch weitere Umstände muß der Betrag des Einsinkens sich abermals vergrößern: Wir sahen (II u. III), daß infolge der von der Intrusivmasse ausgehenden Erwärmung eine Volumvermehrung bzw. Aufpressung des Daches erfolgte. Da nun das erwärmte Dach allmählich wieder sich abkühlt bis zu der Temperatur, welche dem betreffenden Niveau zukommt — also vielleicht von 1600° C auf 100° C bei einer Tiefe von 3 km —, so muß der Betrag der durch Erwärmung des Daches erfolgten Aufpressung wieder durch Einsinken vernichtet werden.

Indem aber auch die Intrusivmasse selbst sich bei der Abkühlung zusammenzieht, so muß dadurch ein weiterer Betrag des Einsinkens ermöglicht werden.

Endlich erleidet aber die Intrusivmasse bei dem Übergang aus dem amorphen, dem geschmolzenen Zustande in den krystallisierten wiederum eine nicht unbedeutende Zusammenziehung (siehe sub III Granit z. B. 8,6 Proz.), durch die nun zum dritten der Betrag des Einsinkens verstärkt werden kann.

Nach der Aufpressung durch eine Intrusion muß bzw. kann also ein Wiedereinsinken aus nicht weniger als fünf verschiedenen Gründen eintreten. Der Betrag des Einsinkens kann sogar größer werden als derjenige der Aufpressung; nämlich dann, wenn bedeutendere Massen über Tage ausgeworfen werden.

Wenn also (siehe sub I) $1+x$ der Betrag der Aufpressung ist, so läßt das Endergebnis nach erfolgtem Abfließen (A), Auswurf (E), Zusammenziehen infolge von Abkühlung der Intrusivmasse (x'), des Daches (y), Krystallisation der Intrusivmasse (z) sich in die Formel fassen:

$$1 + x - (x' + y + z + A + E).$$

Unter diesen Größen kann E, wie schon gesagt, so groß sein, daß der Betrag des Einsinkens größer wird als der der Aufpressung.

VIII. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Magma sich in dreifacher Weise betätigen kann: Entweder es steigt nicht bis zur Erdoberfläche auf und bildet nur eine Intrusion; oder es steigt bis zur Erdoberfläche auf und bildet dort nur eine Extrusion; oder es erzeugt mit einem Teile eine Extrusion und mit dem anderen Teile zugleich auch eine Intrusion. Letzteres ist unserer Ansicht nach bei dem Ries der Fall gewesen.

IX. Magmatische Erdbeben. Aus 4facher Ursache müssen im Gefolge von Intrusionen Erdbeben hervorgerufen werden, 2 unter Volumvermehrung und dadurch bewirkte Aufpressung, 2 unter Volumverminderung und dadurch bewirktes Einsinken. Diese Ursachen sind:

unter Volumzunahme:

- a) direkt durch die sich einpressende Intrusionsmasse,
- b) durch die von derselben ausgehende Erwärmung;

unter Volumverminderung:

- c) durch Abkühlung der Intrusionsmasse und des erwähnten Nebengesteines;
- d) durch Auskrystallisieren der geschmolzenen Intrusionsmasse.

Aus 2facher Ursache können dann ferner im Gefolge von Intrusionen Erdbeben entstehen: Durch Einsinken

- e) infolge von Wiederabfluß des Magmas in die Tiefe;
- f) infolge von etwaigen gleichzeitigen Auswürfen des Magmas an der Erdoberfläche.

Aus nicht weniger als 6 verschiedenen Ursachen also müssen bzw. können bei Intrusionen Erdbeben erzeugt werden. Ich habe sie alle unter den Begriff der „magmatischen“ Beben mit zusammengefaßt.

Diese magmatischen Beben bilden offenbar einen Teil dessen, was man gemeinhin als tektonische Beben darum bezeichnet, weil sie sich in den Faltungsgebieten der Erde vollziehen. Indessen durch die Faltung bzw. Zusammenpressung der Erdrinde, oder auch durch isostatische Bewegungen derselben entsteht ein Aufsteigen großer Gebiete. Dadurch aber wird Raum geschaffen dafür, daß Schmelzfluß ebenfalls den aufsteigenden Gebieten nachsteigen hzw. nachgepreßt werden kann und sich dann in den höheren

Niveaus, sei es auf Spalten, sei es auf selbst ausgeblasenen Röhren, noch weiter aufwärts bewegt, entweder Gänge oder Intrusionen oder Extrusionen bildend.

Wenn dann dieses Magma aus soeben aufgeführten Ursachen Erdbeben erzeugt, so vollziehen sich diese zwar in Faltungsgebieten, sind aber trotzdem keine tektonischen, sondern in Wirklichkeit magmatische oder auch „kombinierte“, nämlich magmatisch-tektonische“ oder „magmatische Einsturz“-Beben.

X. Ein Einwurf. Man könnte vielleicht einwerfen, daß die in I, II, III theoretisch erwiesene Aufpressung durch eine Intrusion doch tatsächlich nicht stattfinden könne, da sie durch den Druck der auflastenden Schichten verhindert würde.

Dieser Einwurf wäre indessen unhaltbar; denn ein Schmelzfluß kann gar nicht in ein anderes Gestein, dieses hochhebend, eindringen, wenn er nicht unter einem noch etwas größeren Drucke steht, als derjenige ist, der in der betreffenden Tiefe herrscht.

Auch wenn etwa durch gebirgsbildende Vorgänge, durch Faltung ein Hohlraum für die Intrusivmasse erzeugt würde, so könnte hier die Emporwölbung der Schichten natürlich ebenfalls nur unter der Bedingung vor sich gehen, daß der Druck, den die faltende Kraft ausübt, größer ist als derjenige, der in der betreffenden Tiefe herrscht.

Höchstens vom Boden der Aufschmelzhypothese aus ließe sich bis zu einem gewissen Grade ein solcher Einwurf erheben; auch hier aber muß ja die Erwärmung emporpressend wirken.

Ich habe schon bei früherer Gelegenheit betont, in wie hohem Maße uns diese Aufschmelzhypothese über gewisse Schwierigkeiten der Vulkanologie hinweghelfen würde. Die heißen Gase würden sich durch die feste Erdrinde, ganz unabhängig von präexistierenden Spalten, Röhren hindurchschmelzen, würden sich flachgelegene, isolierte Schmelzherde selbst schaffen. Aber wie soll man die tatsächliche Natur der Laven, der Intrusionsmassen, der Tiefengesteine zusammenreimen mit den hypothetischen Gesteinen, die aus eingeschmolzenen Quarziten oder Kalken hervorgehen müßten? Derartige Gesteine kennen wir nicht.

Es bliebe daher, wie ich früher ausführte, höchstens der Ausweg, daß man annähme, die heißen Gase wirkten auf- und einschmelzend nur in sehr großen Tiefen der Erdrinde, in denen lediglich Gneise und alte Eruptivgesteine liegen; sie verlören jedoch ihre hohe Temperatur und damit ihre ein-

schmelzende Kraft in den höheren Niveaus, in denen Quarzite, Kalke, Tone auftreten. Das wäre in der Tat ein Ausweg. Aber damit verlören wir den großen Vorteil, daß uns die Aufschmelzhypothese flachgelegene Schmelzherde schaffen würde, deren Vorhandensein von allen Vulkanologen als notwendig angenommen wird.

So freudig ich daher ohne jene Schwierigkeit die Aufschmelzhypothese bewillkommen möchte, so glaube ich doch noch in der Aufstieghypothese das Sicherere zu haben.

B. Nutzenwendung der in Abschnitt I gewonnenen allgemeinen Ergebnisse auf das vulkanische Ries bei Nördlingen.

In verschiedenen Arbeiten¹⁾ hatten wir gezeigt, daß die grundmoränenartigen Bildungen, die rätselhaften Lagerungsverhältnisse und die Glättung und Schrammung der Gesteine, die im Umkreis um das vulkanische Ries bei Nördlingen herrschen, nicht, wie man gemeint hatte, durch Eis hervorgerufen seien; und daß an der klassischen Lokalität des Buchberges nicht eine Durchpressung alter Gesteine durch jüngere vorliege, sondern daß richtige Überschiebungen vorlägen, und daß diese hervorgerufen seien durch vulkanische Kraft;

¹⁾ W. BRANCA und E. FRAAS: Das vulkanische Ries bei Nördlingen in seiner Bedeutung für Fragen der allgemeinen Geologie. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss., Berlin 1901.

W. BRANCA und E. FRAAS: Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung des vulkanischen Ries bei Nördlingen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss., Berl. 1901.

W. BRANCA: Das vulkanische Vorries und seine Beziehungen zum vulkanischen Ries bei Nördlingen. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss. vom Jahre 1902, mit 1 Tafel, Berlin 1903.

W. BRANCA: Die Griesbreccien des Vorrieses als von Spalten unabhängige, früheste Stadien embryonaler Vulkanbildung. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss., Berlin 1903.

W. BRANCA und E. FRAAS: Das kryptovulkanische Becken von Steinheim. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss., mit 2 Tafeln, Berlin 1905.

W. BRANCA und E. FRAAS nebst einem Beitrag von W. SCHÜTZTE: Die Lagerungsverhältnisse bunter Breccie an der Bahnlinie Donauwörth—Treuchtlingen und ihre Bedeutung für das Riesproblem, mit 1 Tafel. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss., Berlin 1907.

W. BRANCA und E. FRAAS: Abwehr der Angriffe W. KRANZ' gegen unsere, das vulkanische Ries bei Nördlingen betreffenden Arbeiten. Zentralblatt für Mineral., Geol., Paläont. 1911, S. 450 ff.

K. HAUSSMANN: Magnetische Messungen im Ries und dessen Umgebung. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss., Math.-phys. Kl. 1904, IV, S. 1—138.

daß es sich also um großartig pseudoglaziale Erscheinungen handele.

Im Laufe unserer fortschreitenden Untersuchungen stellte sich dann allmählich der Umfang dieser Überschiebungen, der anfänglich ein beschränkter zu sein schien, als ein immer größerer heraus. Zwar hatten wir wohl auch anfangs schon die Vermutung, daß die überschobenen Massen früher, bevor sie durch Erosion zum Teil entfernt wurden, ausgedehnter gewesen sein möchten, als das jetzt der Fall zu sein schien. Aber augenfällig war zunächst doch immerhin nur eine ganz beschränkte, kleine Zahl solcher Vorkommen.

Zuerst hatte es sich daher wesentlich und vor allem um die schon erwähnte Scholle des Buchbergs und um die Lauchheimer Masse gehandelt. Als wir dann aber nach einigen Jahren unsere Untersuchungen abschlossen, da hatte sich schließlich eine überwältigende Fülle überschobener Massen rings um das Ries ergeben: Nicht nur wurde im Südosten desselben durch den neuen Bahnbau nördlich Donaueschingen erwiesen, daß überraschenderweise alles, was dort anstehend zu sein schien und von aller Welt auch bisher für anstehend gehalten wurde, wurzellos, und daß es durch vulkanische Kraft überschoben ist; sondern auch südlich vom Ries, das ausgedehnte Gebiet des Vorries, das ebenfalls von jedermann bisher für anstehend gehalten wurde, erschien uns nun auch als zum größeren oder geringeren Teile wurzellos, überschoben durch dieselbe vulkanische Kraft.

Aber nicht genug daran; durch ein ganz neuerdings in der Nähe von Nördlingen inmitten des Rieskessels niedergebrachtes Bohrloch¹⁾ wird überraschenderweise abermals eine Erweiterung unserer Kenntnisse nach derselben Richtung hin gebracht. Dort ist jetzt sogar derjenige Granit, welcher den Boden des Rieskessels bildet, als wurzellos erwiesen, während er doch ebenfalls bisher ganz allgemein für anstehend angesehen wurde. Es zeigt sich, daß er in einer Mächtigkeit von 160—180 m auf dem Keuper liegt.

Im selben Schritte mit dieser allmählichen Erweiterung unserer Kenntnisse von dem Umfang der Überschiebungen mußten erklärlicherweise auch unsere Anschauungen über die Art und Weise der vulkanischen Kraftwirkung sich umgestalten:

Gegenüber den scheinbar doch nur sehr vereinzelt überschobenen Massen hatten wir anfänglich geglaubt, die Auf-

¹⁾ W. KRANZ: Das Nördlinger Riesproblem II, Jahresbericht des Oberrheinischen Geologischen Vereins, N. F. II, 1, S. 54—65.)

pressung des Riesgebietes lediglich durch eine in der Tiefe in den Granit eingedrungene Intrusivmasse erklären zu können; ein Lakkolith könne die Überschiebungen bewirkt haben, indem nämlich dadurch an der Erdoberfläche ein Berg entstanden sei, von dessen Abhängen infolge von Bergrutschen die betreffenden Massen zum Abgleiten gebracht seien, so daß sie sich auf die umgebende Alb ergossen hätten. Später sei dann wieder ein Absinken des Gebietes erfolgt.

Dabei hatten wir aber die Vorstellung, daß durch diese Aufpressung nicht etwa ein einspitziger kegelförmiger Berg entstanden sei, sondern daß diese Aufpressung ein Gebiet betroffen habe, das durch die Erosion bereits in Höhen und Tiefen gegliedert und namentlich in seinem zentralen Teile durch die Erosion ausgefurcht war. Demzufolge stellten wir uns vor, daß diese Abrutschungen und Überschiebungen nicht nur nach außen auf die umgebende Alb, sondern auch nach innen auf die erodierten Teile erfolgt seien. Das wurzellose Vorkommen von Jura, Keuper und Granit findet somit nach dieser Vorstellung ebensowohl im Rieskessel selbst, als auch auf der umgebenden Alb seine Erklärung.

Bei wachsender Erkenntnis von der großen Ausdehnung der überschobenen Massen konnte indessen dieser Erklärungsversuch nicht mehr genügen. Wir sahen auch, daß im Vorries gewisse Gebiete, die auf unsere Bitte der leider verstorbenen VON KNEBEL kartographisch¹⁾ in ihrer Ausdehnung aufnahm, eine solche Zerschmetterung (Vergriesung) des Malmkalkes aufweisen, daß dies nur durch hier stattgefundene Kontaktexplosionen erklärbar war. In gleicher Weise erklärte sich zugleich die Zerschmetterung des Granites, die sich besonders im Boden des Rieskessels zeigte. Wir stimmten daher der von E. SÜSS ausgesprochenen Ansicht, welcher meinte, daß die Riesphänomene lediglich durch eine einzige, riesige Kontaktexplosion zu erklären sei, teilweise bei; nämlich insofern, als wir außer der Bergbildung und jenen kleineren Explosionen noch eine gewaltige Explosion²⁾ zur Erklärung der Riesphänomene annahmen. Dergestalt, daß diese Kontaktexplosion den Massen an der Oberfläche des aufgepreßten und dadurch zerbrochenen Gebietes den Anstoß zum Abfahren und zum Überschobenwerden über die Albhochfläche hin gegeben hätte; ganz wie das beim Bandaisan auf Japan ebenso der Fall gewesen ist.

¹⁾ Siehe die Tafel in meiner Arbeit über das Vorries, auf der diese Explosionsgebiete von VON KNEBEL dargestellt sind.

²⁾ W. BRANCA: Das Vorries. Abh. dieser Akademie 1903, S. 1 u. 32, 36 u. 41.

Eine gänzliche Ausschaltung der Emporpressung und damit der Bergbildung schien und scheint mir noch jetzt unmöglich. Ganz ebenso betrachteten übrigens auch noch andere Forscher diese ehemalige Bergbildung im Riesgebiete als etwas Gegebenes, Notwendiges. Schon GÜMBEL hatte einen hohen Berg über dem heutigen Riesgebiete angenommen, der dann später in die Tiefe gestürzt sei; allerdings nicht entstanden, wie andere Autoren das meinten, durch Aufpressung, sondern nur durch Aufschüttung in Gestalt eines echten Stratovulkanes. KOKEN war gleichfalls von der Annahme einer Bergbildung ausgegangen. Wir waren zur gleichen Ansicht gelangt. W. KRANZ endlich hatte dieselbe Vorstellung gewonnen, und sogar einen bis zu der bedeutenden Höhe von 1000 m aufragenden Berg angenommen, von dem ebenfalls Abrutschungen erfolgt seien. Nur darin wich er von uns ab, daß wir die Ursache der Bergbildung in einer aufpressenden Intrusion, einem Lakkolith, sehen zu müssen glaubten, KRANZ dagegen durch Horstbildung.

Dessenungeachtet freilich bekämpfte KRANZ¹⁾, sich selbst damit widersprechend, die Vorstellung einer Bergbildung bei uns und suchte, wie vor ihm schon E. SÜSS, die ganzen Riesphänomene lediglich auf eine übergewaltige Explosion zurückzuführen. Wenn daher KRANZ ganz neuerdings²⁾ die Vorstellung einer Bergbildung aufgibt, so ist das zunächst einmal eine zwingende Notwendigkeit für ihn, um jenen Widerspruch zu beseitigen. Zweitens aber war seine Annahme einer großen, 1000 m hohen Horstbildung inmitten des Tafelgebirges der Alb überhaupt eine Vorstellung, die so lange ganz unglaublich erscheint, bis nicht an einer ganzen Anzahl anderer Orte der Alb derartig tiefgehende und mit 1000 m tiefem Absinken verbundene Zerklüftungen nachgewiesen sind. Nur an einer einzigen Stelle, mitten aus der Albtafel, wird schwerlich eine solche Horstbildung herausgebrochen sein³⁾.

1) Zentralblatt für Mineralogie, Geologie, Paläontologie 1911 und unsere Antwort ebenda 1911.

2) Das Nördlinger Riesproblem II.

3) Es geht aus dem Gesagten aber auch klar hervor, daß KRANZ in seiner Arbeit mit Unrecht behauptet, daß er auf ganz demselben Standpunkte wie E. SÜSS gestanden habe. Das war eben nicht der Fall, da er einen Horstberg annahm, E. SÜSS aber jede Bergbildung ablehnte. Erst jetzt, nachdem KRANZ sich von dem Horstberge losgesagt hat, kann er sagen, daß er den Standpunkt teile, auf dem E. SÜSS steht. Aber selbst jetzt noch besteht diese strenge Übereinstimmung lediglich dem Wortlaute nach; denn in Wirklichkeit ist der Standpunkt, d. h. ist die Anschauung, auf der E. SÜSS fußt, eine ganz andere als die, auf der KRANZ aufbaut. E. SÜSS steht auf dem Boden der Aufschmelzhypothese, bei welcher der Betrag der Aufpressung, wie

Wenn nun so verschiedene Forscher das Bedürfnis zu der Annahme gefühlt haben, daß an der Stelle des heutigen Rieskessels zuvor die Bildung eines Berges sich vollzogen habe, so muß das natürlich seine sehr triftigen Gründe gehabt haben. Wir hatten deren fünf: Gemeinsam überzeugend war allen genannten Autoren wohl die überaus auffallende Tatsache, daß unten im Rieskessel der Granit, der den Boden desselben bildete, bis zu ca. 200 m höher lag, als er eigentlich liegen durfte; denn rings um den Rieskessel, unter der Alb, liegt er ca. 200 m weniger hoch als im Kessel selbst. Hierin schien also offenbar allen Autoren, welche sich eingehender mit dem Ries beschäftigt hatten, der zweifellose Beweis einer ehemaligen Bergbildung zu liegen.

Daß der Granit hier unten im Kesselboden in Wirklichkeit gar nicht anstehend, sondern wurzellos, überschoben sei, konnte niemand ahnen und wagte auch niemand anzunehmen. Erst durch ein tiefes Bohrloch ist das jetzt erwiesen worden; und es ist wohl recht wahrscheinlich, daß diese Wurzellosigkeit für alle Granitvorkommen unten im Rieskessel gilt.

Für uns kam indessen noch ein zweiter Grund hinzu: Das Innere des nahegelegenen Steinheimer Beckens zeigte ebenfalls eine Hebung; denn dort ist im Zentrum des Beckens der Dogger bis in das Niveau des Malm gehoben, so daß er auf solche Weise einen Berg bildet. Nach dem aber, was uns nun das Bohrloch bei Nördlingen im Ries zeigt, kann man jetzt auch auf das Steinheimer Becken zurückschließen und damit auch diesen Beweis für hinfällig halten. Man wird daher jetzt auch diese kleine „Aufpressung“ im benachbarten Steinheimer Becken, durch die der Dogger in das Niveau des Malm hinaufgeschoben ist, vielleicht nicht mit Unrecht ebenfalls als einen durch Vereinigung von schwacher Aufpressung mit einer Kontaktexplosion entstandenen Vorgang zu erklären haben, durch den die Dogger-Scholle des Klosterberges viel-

ich auf S. 248 zeigte, infolge von Intrusionsbildung ein sehr viel geringerer ist als bei der Aufsteiglehre, bei welcher auch Spalten nicht nötig sind, da die Gase sich durchschmelzen sollen. KRANZ aber, wenn er das auch nirgends direkt ausgesprochen hat, ist offenbar begeisterter Anhänger der Aufsteighypothese; denn hier werden ja, im Gegensatz zur Aufschmelzlehre, von den Autoren meist präexistierende Spalten als erforderlich zum Aufsteigen betrachtet. KRANZ nun ist, wie seine mehrfachen Angriffe auf meine Arbeiten über die Spaltenlehre der Vulkane beweisen, ein begeisterter Anhänger der Notwendigkeit präexistierender Spalten, folglich muß er auch ein Anhänger der Aufsteig- und damit ein Gegner der Aufschmelzhypothese sein. Das erscheint mir wenigstens als logische Notwendigkeit.

leicht auch auf untere (unsichtbare) Malmschichten geschoben worden wäre.

Für das Mitwirken einer Explosion auch dort, im Steinheimer Becken, spricht die „Vergriesung“ (S. 255) des Malmkalkes in der Peripherie des Beckens¹⁾.

So sind allerdings diese beiden Beweise, welche uns für die Notwendigkeit der Annahme einer Aufpressung des Riesgebietes zu sprechen schienen, hinfällig. Indessen es bleiben, wie ich im folgenden zeigen werde, noch genug andere Gründe übrig, aus denen eine Aufpressung mit Sicherheit hervorgeht. Es ist auch nicht zu vergessen, daß die abnorme Höhenlage des Granites im Boden des Rieskessels zwar nicht mehr ein Beweis für eine stattgefundene Aufpressung ist, daß sie aber auch keineswegs ein Beweis gegen eine solche sein muß:

Die Überschiebung des Granites auf Keuper im Boden des Rieskessels läßt sich ja ganz ungezwungen durch die von uns²⁾ angenommene große Explosion erklären, die, im Granit vor sich gehend (in dem der Lakkolith steckte), Teile dieses auf den Keuper geschoben hat, ganz ebenso wie sie die anderen Überschiebungen mit hervorrief. Bei der Beschaffenheit des emporgepreßten Albteiles, der im zentralen Teile ein weites Erosionsgebiet besaß (s. hier S. 255), mußten natürlich Überschiebungen nicht nur nach außen hin, sondern auch nach innen hin, ebenso also auch auf dem Boden dieses inneren erodierten Gebietes möglich sein.

Ob dieser Teil der Alb nun gleichzeitig auch noch gehoben oder ob er in der ursprünglichen Lage verblieben war, mit anderen Worten ob die Explosion in größerer oder geringerer Meereshöhe erfolgte, war für ihre Wirkung absolut bedeutungslos. Es läßt sich daher die durch das Bohrloch bei Nördlingen erwiesene Wurzellosigkeit des Granites im Boden des Rieskessels **genau** ebenso durch die von uns angenommene Explosion in **gehobenem** Gebiete wie durch KRANZ's Explosion im **ungehobenen** Gebiete erklären. Ein größeres Maß von Wahrscheinlichkeit für die KRANZ'sche Ansicht, nur auf Grund des Nachweises der Wurzellosigkeit des Granites im Rieskessel, besteht durchaus nicht.

¹⁾ Wie klein dasselbe gegenüber dem Ries ist, geht aus Tafel II in unserem „Das vulkanische Ries bei Nördlingen“ hervor, wo links unten zum Vergleiche das Steinheimer Becken eingezeichnet ist.

²⁾ In Vorries, S. 14, 32.

Wenn nun aber auch dieser vermeintliche Beweis für die Emporpressung des Riesgebietes hinfällig wird und damit vielleicht auch der Analogiebeweis, der aus dem Steinheimer Becken gewonnen war, so bleibt doch noch die Zahl von fünf anderen Gründen, welche das Vorhandensein einer flach gelegenen Intrusionsmasse unter dem Ries dartun:

Einmal beweisen die an zahlreichen Stellen des Riesgebietes erfolgten trachytischen Eruptionen über Tage, daß ein Schmelzherd in der Tiefe gewesen sein muß.

Zweitens hat HAUSSMANN nachgewiesen, daß unter dem Ries ein eisenreiches basisches Gestein im Granit liegen muß, da sich nur so die magnetischen Abweichungen des Riesgebietes erklären lassen. Daß dies derselbe Schmelzherd war wie der soeben erwähnte, kann kaum zweifelhaft sein, weil nach SAUERS Untersuchungen das durch Eruption Geförderte trachytisch, saurer ist, was durch Einschmelzen von Granit erklärt wird.

Drittens ist in jüngster Zeit ein eisenreiches, körniges basaltisches Gestein am Flochberg gefunden worden, das nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. SCHNEIDERHÖHN¹⁾, Assistent am mineralogischen Institut in Berlin, mit großer Wahrscheinlichkeit ein junges Gestein, ein limburgitischer Basalt ist. Das wäre dann als ein Stück der Intrusionsmasse, bzw. von einer Apophyse derselben, anzusehen, das losgerissen und bei den Explosionen mit emporgeschleudert worden wäre. Ich gebe unten das Nähere darüber.

¹⁾ „Der vorherrschende Gemengteil des Gesteins ist ein blaßvioletter Titanaugit, der recht gut idiomorph ausgebildet ist. Er ist schwach pleochroitisch, und öfters zonar gebaut, derart, daß die intensiver gefärbten Schalen außen liegen, wie es z. B. auch oft in hessischen Basalten der Fall ist. Nächst ihm erscheint in etwas geringerer Menge, aber in größeren Körnern Olivin. Er ist ebenfalls gut idiomorph und, wie überhaupt das ganze Gestein, noch recht frisch. Ebenfalls sehr reichlich finden sich Erze, und zwar nur Magnetit. Ilmenit konnte nicht nachgewiesen werden. Die Zwischenräume zwischen den Augitleisten und den Olivinkörnern nimmt, der Menge nach sehr zurücktretend, Plagioklas ein, der also als letzter Gemengteil allotriomorph auskristallisierte. Er ist ein sehr basischer Bytownit. Farblose, frische Glasmasse konnte nur an einer kleinen Stelle nachgewiesen werden.“

„Die Struktur ist hypidiomorph-körnig, mit leisem Anklang an eine intersertale Struktur. Nach Mineralbestand, Struktur und Erhaltungszustand ist das Gestein wahrscheinlich als „Limburgitischer Basalt“ zu bezeichnen, der mit manchen basaltischen Gesteinen des Vogelsberges und von Niederhessen eine große Ähnlichkeit hat. Insbesondere hat das Gestein von Kalsmunt bei Wetzlar, dessen Dünnschliff ich Herrn Professor KAISER verdanke, große Ähnlichkeit mit dem Ries-

Viertens ist durch die Tatsache, daß überhaupt Kontaktexplosionen entstehen konnten, bis zur Zweifellosigkeit erwiesen, daß ein Magmaherd, also eine Intrusionsmasse, sich unter dem Riesgebiete eingenistet haben muß; denn eine Kontaktexplosion ist eben nur möglich, wenn ein Magmaherd vorhanden ist, der das Wasser plötzlich in Dampf verwandelt.

Fünftens endlich ist durch die Tatsache der Kontaktexplosionen ebenso bis zur Zweifellosigkeit erwiesen, daß — wie wir von Anfang an gesagt haben — dieser Magmaherd sehr flach unter der Erdoberfläche sich eingenistet haben und nun nach der Erstarrung liegen muß.

Eine tief gelegene Intrusionsmasse wird freilich ebenfalls Explosionen von Wasserdampf erzeugen können. Aber infolge der dann übergroßen Mächtigkeit des Hangenden wird letzteres weder in die Luft geblasen, noch zur Seite geschoben werden können; hier wird die Folge der tiefgelegenen Explosion nur in „magmatischen Erdbeben“ (S. 251) bestehen. Nur dann, wenn die Intrusivmasse, also die Explosionen sehr flach liegen, können letztere eine Zerschmetterung bzw. Verschiebung von Schollen an der Erdoberfläche bewirken.

Aber ein Einwurf könnte vielleicht versucht werden gegen den zweiten der obigen fünf Gründe, daß ein basischer Lakkolith in der Tiefe unter dem Ries liege: Man könnte einwerfen, daß zwar aus HAUSMANNs Untersuchung über die magnetischen Abweichungen im Ries zweifellos das Vorhandensein einer großen basischen Gesteinsmasse unter dem Ries erwiesen sei; daß aber diese Masse nicht notwendig durch Intrusion in den Granit zu tertiärer Zeit gelangt sein müsse, sondern daß sie ja auch durch Differenziation innerhalb des Granitmagmas, also schon zu paläozoischer Zeit, entstanden sein könne. Womit dann natürlich die mit einer Intrusion Hand in Hand gehende Volumvermehrung hinfällig sein würde.

Allerdings besteht das Urgebirge unter dem Ries, wie wir es aus seinen zahlreichen Bruchstücken in der Bunten

gestein. Das Mengenverhältnis und die Art der auftretenden Mineralien sind dieselben. Ein Unterschied besteht darin, daß das Gestein von Kalsmunt mehr, und zwar z. T. entglastes, gekörntes Glas enthält, daß infolgedessen die Titanangite größere Idiomorphie zeigen und auch oft etwas sphärolithisch angeordnet sind.“

„Wie ja von zahlreichen Basalten bekannt ist, sind das kleinere Unterschiede, die oft sogar innerhalb ein und derselben Gesteinsmasse auftreten. So z. B. an dem Gestein von Homberg a. d. Ohm, das A. SCHWANTKE, N. Jahrbuch, Beil., Bd. XVIII, beschrieben hat.“

Breccie kennen, nicht nur aus Gneisen, Graniten, krystallinen Schiefen, sondern auch aus basischeren Gesteinen, Gabbro und Diorit, wie LÖFFLER neuerdings zeigte¹⁾. Aber demgegenüber frage ich:

Wie kommt es, daß die magnetischen Anomalien gerade nur im Gebiete des Rieskessels sich zeigen, daß also die angebliche palaeozoische Differenziation zufälligerweise gerade da in der Tiefe stattgefunden haben sollte, wo oben darüber später der Rieskessel sich gebildet hat?

Wie kommt es, daß unter einem zweiten, relativ benachbarten Kessel, dem Steinheimer Becken, ebenfalls zufälligerweise eine Differenziation des Granitmagmas in paläozoischer Zeit stattgefunden haben soll?

Auch im Steinheimer Becken haben wir ja magnetische Abweichungen, die das Vorhandensein einer eisenreichen, basischen Gesteinsmasse in der Tiefe verraten.

Wie sollte also an zwei nicht weit voneinander entfernten Orten zufällig in paläozoischer Zeit im Granitmagma eine basische Ausscheidung gerade da erfolgt sein, wo Millionen von Jahren später, in miocäner Zeit, an der Erdoberfläche dann je ein Kessel sich bildete, je eine Aufpressung erfolgte, bzw. je eine Explosion entstand?

Ein solches Zusammentreffen wäre das Unwahrscheinlichste, was man sich denken könnte.

Nun haben wir an der einen dieser beiden Örtlichkeiten, im Rieskessel, die unwiderleglichen Beweise dafür, daß ein miocäner Schmelzfluß dort in die Höhe gestiegen ist; denn wir haben dort an einer ganzen Anzahl von Stellen Eruptionen, die aus einem in der Tiefe darunter liegenden Magmaherde entstammen.

Wir haben ferner im Steinheimer Becken ebenfalls den zweifelhaften Beweis dafür, daß in miocäner Zeit in der Tiefe Schmelzfluß aufgestiegen sein muß, wenn er auch nicht bis an die Tagesfläche gelangte. Denn die Emporhebung der Doggerscholle im Boden des Beckens ist ganz notwendig entweder die Folge der Aufpressung durch eine Schmelzmasse oder die Folge einer Kontaktexplosion durch eine Schmelzmasse (S. 257).

Wir haben also an beiden nicht weit voneinander entfernten Orten die zweifellosen Beweise dafür, daß zu tertiärer Zeit Schmelzfluß aufgestiegen war, der sich differenzierte.

¹⁾ Zusammensetzung des Grundbebirges im Ries. Jahreshfte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Jahrg. 68, Stuttgart 1912, S. 107—154.

Folglich ist es doch das Wahrscheinlichste, daß dieser Schmelzfluß es war, der die Kesselbildungen (durch späteres Absinken (s. S. 249 VII) hervorrief und die magnetischen Abweichungen bedingte.

Wenn aber das der Fall ist, dann ist es auch ebenso wahrscheinlich, daß dieser Schmelzfluß in beiden Fällen Intrusionsmassen unter den beiden Kesseln bildet. Intrusionsmassen aber sind mit Emporpressung notwendig verknüpft.

Meiner Ansicht nach sind die obigen fünf Beweise für das Vorhandensein einer flach gelegenen Intrusivmasse unter dem Riesgebiete zwingend. Ist dem aber so, dann sind auch weiter zwingend die Folgerungen, die sich daraus ergeben: Zunächst einmal die Notwendigkeit, daß eine Aufpressung und Bergbildung an der Erdoberfläche erfolgt sein muß, wie sich aus Abschnitt A sub I, II, III ergibt. Sodann die Notwendigkeit, daß die sub VI, VII, VIII, IX besprochenen Folgewirkungen der Aufpressung sich eingestellt haben müssen.

Demgegenüber steht nun die von W. KRANZ vertretene, schon vordem von E. SÜSS ausgesprochene Ansicht, daß keine Aufpressung erfolgt sei.

Ich will nun diese beiden sich gegenüberstehenden Anschauungen, durch welche die Riesphänomene ihre ursächliche Erklärung finden sollen, so genau und so objektiv wie möglich prüfen, indem ich das Bild, das jeder derselben zugrunde liegt, eingehend darlege. Es genügt nicht das kurze Schlagwort: „Hier bloße Explosion, „dort Aufpressung und Explosion“, sondern, um ein Urteil zu ermöglichen, muß jedes derselben bis in seine letzten Konsequenzen hinein durchdacht und dargelegt werden.

Der Gegensatz der beiderseitigen Anschauungen liegt also darin, daß wir eine Emporpressung des Gebietes (Bergbildung) und aus dieser Emporpressung folgende Explosionen — also Explosionen im **gehobenen** Gebiete — annehmen, KRANZ dagegen nur eine übergewaltige Explosion im **ungehobenen** Gebiete. Das ist der Gegensatz.

Wenn KRANZ dagegen am Schlusse (S. 65) seiner Arbeit diesen Gegensatz in die Worte zusammenfaßt: „Die Riesphänomene würden sich also durch die (KRANZ') Sprengtheorie erklären lassen, während der (unser) Riesberg manches deutet, vieles aber schwer und unverständlich läßt“, so gibt diese Formulierung ein völlig unrichtiges Bild unserer Anschauung. Bei solcher Darstellung werden ja die großen und die mehr-

fachen kleineren Explosionen unserer Erklärung von KRANZ¹⁾ völlig zum Verschwinden gebracht!

Auch auf S. 60 seiner Arbeit spricht KRANZ nur von unserer „Riesbergtheorie“. Wenn man den Gegensatz zweier Anschauungen durch kurze Schlagworte kennzeichnen will, so muß das in richtig kennzeichnenden Worten geschehen. Will man das hier tun, so steht KRANZ' Sprenghypothese unserer „Hebungs-Sprenghypothese“ gegenüber. Ich werde, um möglichst sachlich zu sprechen daher diese Bezeichnungen anwenden.

Unserer „Hebungs-Sprenghypothese“ über den Verlauf der Dinge liegt also zugrunde das Bild eines durch die Intrusionsmasse, den Lakkolith aufgepreßten großen Gebietes von 25 km Durchmesser mit einer durch die Erosion bereits stark gegliedert gewesenen Oberfläche. Die Folge einer gewaltsamen Emporpressung eines solchen Gebietes liegt auf der Hand. Eine vollständige Zerklüftung und Zerbrechung des Gebietes, so daß es von zahlreichen teils flacheren, teils tief hinabreichenden, weit klaffenden Spalten durchfurcht wurde. Alle unterirdischen und oberirdischen Wassermassen dieses Gebietes konnten infolgedessen schnell und ungehindert in die Tiefe, in die Nähe des heißen Lakkolithes dringen — teils von oben aus dem mit Höhlen durchsetzten Malm, teils vielleicht auch aus einem mehr zentralen See, also an verschiedenen Stellen von verschiedenen dieser Orte her, was doch das wahrscheinlichste ist. Daher dann Explosionen an mehrfachen Orten, kleinere im Vorries, die Vergriesungsgebiete schufen, größere und größte im Ries, die dort zum Teil den Kessel schufen, indem sie seinen ehemaligen Inhalt auf die Alb und in das Vorries abfahren ließen und schoben, und die, wie jetzt durch das Bohrloch bei Nördlingen erwiesen ist, auch die oberen Partien des Granites über den Keuper schoben und vielleicht auch im Steinheimer Becken den Dogger überschoben (S. 255 u. 257).

Das Bild das unserer Anschauung zugrunde liegt, zeigt uns ferner, daß die ungeheuren Gesteinsmassen, die heute überschoben oben auf der Alb liegen, von dem erhöhten, bergigen Gebiete natürlich sehr leicht abwärtsfahren konnten,

¹⁾ W. BRANCA: Ein Wort über die Ries-Hypothesen. Jahreshfte und Mitteilungen des Oberrhein. geolog. Vereins. N. F. Bd. III, Heft 1, S. 87—88.

sobald sie durch die Explosion den Anstoß erhielten; denn die Bewegung ging hier eben hinab.

Endlich aber zeigt uns unser Bild, daß diese Explosionen gegenüber dem vielfach zerbrochenen, tief zerklüfteten, gehobenen Gebiete leichtestes Spiel hatten. Alle diese großen Schollen und Gesteinsmassen brauchten durch die Explosionen nicht erst aus dem felsenfesten Gesteinsverbände herausgebrochen zu werden, denn sie waren ja bereits durch die Emporpressung herausgebrochen und gelockert.

So liegt dieser von uns gegebenen Erklärung ein Bild zugrunde, in dem die Entstehung der Explosionen und die Bewerkstelligung der Überschiebung auf die möglichst leichteste Art und Weise geschehen konnte.

Diametral entgegengesetzt und schwierig liegen die Dinge bei dem Bilde, welches der „Sprenghypothese“ der Ursache der Riesphänomene zugrunde liegt. In seiner Zeichnung wie mit Worten verneint KRANZ jegliche Aufpressung; damit beraubt er sich aber aller oben aufgezählten Folgewirkungen einer Aufpressung, durch die der Vorgang so leicht verständlich wird.

Nach der Sprenghypothese soll also dort in der Tiefe unter der Alb eine phreatische¹⁾ Explosion stattgefunden haben, die aber von ungeheurer Stärke gewesen sein müßte, da sie ganz allein so ungeheure Wirkungen vollbracht haben soll! Das ganze, ca. 25 km im Durchmesser besitzende Gebiet, in einer Mächtigkeit von mehreren hundert Metern, soll ja durch eine im Zentrum in der Tiefe erfolgte riesige Explosion radial nach allen Richtungen hin herausgeschoben und auf die rings umgebende Albhochfläche hinaufgeschoben worden sein. Natürlich auf schrägen Flächen, so daß ein ganz flacher, umgekehrter Kegel sich ergeben würde.

Ganz wie die unsrige, so hat also auch diese Erklärung eine Kontakt-Explosion²⁾ im Auge, nur daß diese hier unvergleichlich viel stärker als die unsere gewesen sein müßte; denn während bei unserer „Hebungs-Sprenghypothese“ alles bergab geschoben wird, müßte bei der „Sprenghypothese“ der

¹⁾ E. Süss wählte den Ausdruck von *σφραγ*-Brunnen; also Explosion unterirdisch gesammelter Wassermassen.

²⁾ Wie ich eine solche plötzliche Verwandlung von Wasser in Dampf durch eine Schmelzmasse genannt hatte, weil es sich hier um eine Kontaktwirkung handelt, ganz wie bei anderen Kontakterscheinungen im Hofe eines Tiefengesteines. „Wesen und Wirkungen der Erdbeben.“ Berlin 1901. Universitäts-Programm.

ganze ungeheure Gesteinsinhalt dieses flachen Trichters bergauf geschoben werden. Während dort das Herausbrechen und das Zerbersten dieser ungeheuren Schichtenmasse durch die Kraft des aufpressenden Lakkolithes besorgt wird, müßte das hier ganz allein durch die Kraft der Explosion geschehen. Während dort endlich das ganze Gebiet durch die Aufpressung bis tief hinab zerklüftet wird, so daß auf klaffenden Spalten die Wasser leicht in die Tiefe gelangen können, um überhaupt die Explosion möglich zu machen, fehlt hier die Erfüllung dieser *conditio sine qua non* einer Kontakt-Explosion, die Spaltenbildung, vollständig.

In dem Bilde, das wir uns gemacht haben, vollzieht sich also alles verhältnismäßig leicht, in dem Bilde, das sich KRANZ gemacht hat, unendlich viel schwerer. Um jene *conditio* zu beschaffen, ist letztere Erklärungsweise nun gezwungen, die Spalten „durch tektonische oder vulkanische Erdbeben“ plötzlich entstehen zu lassen. Prüfen wir:

„Erdbeben.“ Gewiß, durch ein solches werden Spalten erzeugt, und namentlich in welligem oder bergigem Gelände, da wo die Gesteinsmassen und -schichten an den Gehängen abreißen und zu Tale rutschen können, da öffnen sich breite Spalten, wohl bis zu 100' Tiefe. Aber was will das sagen gegenüber den tatsächlichen Verhältnissen des vorliegenden Falles, wo die klaffenden Spalten sich mindestens 1000 bis 2000 m tief, bis in die Nähe des Lakkolithes hinab, weit geöffnet haben mußten.

Welches Erdbeben hätte je bis in solche Tiefe hinab weit klaffende Spalten erzeugt; denn auf das Klaffen kommt es hier an.

Erdbeben als Ursache der nötigen Spalten anzunehmen, erscheint mir somit als ein völlig aussichtsloser Erklärungsversuch. Aber es kommt hier nicht darauf an, dem wissenschaftlichen Gegner die Unmöglichkeit seiner Behauptung nachzuweisen, sondern objektiv abzuwägen.

Erdbeben sind nur Wirkungen, sie können unmöglich die Ursache gewesen sein. Also die Erdbeben haben selbst eine Ursache, und es fragt sich, ob diese die Veranlassung zur Bildung so tiefer und klaffender Spalten gewesen sein könnte.

KRANZ spricht von „tektonischen“ Beben. Es ist mithin zu prüfen, ob etwa in tektonischen Vorgängen die Ursache gesucht werden dürfte. Ich halte das hier für sehr unwahrscheinlich. Ist denn irgend ein Anhalt für die Annahme vor-

handen, daß in jungmiocäner Zeit der Gebirgsdruck gerade diesen Teil der Alb so stark zerklüftet hat, und daß er — die Hauptbedingung — so weit klaffende Spalten geschaffen hat, daß das Wasser schnell in die Tiefe gelangen konnte? Meiner Ansicht nach liegt dafür kein Anhaltspunkt vor; und KRANZ selbst unterstützt mich in dieser Auffassung! Hat er sich doch soeben völlig losgesagt von seiner früheren Erklärung, daß das Riesgebiet als Horst, d. h. infolge von Zerklüftung durch Gebirgsdruck, entstanden sein sollte.

Aber KRANZ spricht auch von „vulkanischen Beben“. Es fragt sich somit, ob etwa die Eruptionen des Riesgebietes so gewaltige Spaltenbildungen erzeugt haben könnten. Ich wüßte nicht, daß mit Eruptionen eines Vulkanberges oder gar kleinerer vulkanischer Ausbruchsstellen — nur um letztere handelt es sich beim Ries — jemals eine Bildung so tiefer, klaffender Spalten verbunden gewesen wäre; oberflächlicher Spalten wohl, aber so tief hinabsetzender nicht.

Wohl aber könnte die Ursache dieser Spaltenbildung in kryptovulkanischen, in magmatischen Vorgängen zu suchen sein, die ja ebenfalls Erdbeben erzeugen. Also an magmatische Beben müßte man denken¹⁾.

Damit wären wir dann aber bei unserem Lakkolith als Ursache sowohl des Bebens als auch der Spaltenbildung angelangt; denn selbstverständlich mußten mit dem Vorgange der Aufpressung und Zerspaltung des gehobenen Riesgebietes bis tief hinab ganz ungeheure Erderschütterungen vorhanden sein (s. hier S. 251).

Man sieht somit, daß, wenn die „Sprenghypothese“ ein so übergewaltiges „vulkanisches“ Erdbeben als Ursache der Entstehung so tiefer, klaffender Spalten voraussetzt, daß das nur ein kryptovulkanisches sein könnte, daß also KRANZ, ohne sich dessen bewußt zu sein, für unsere Vorstellung eintritt; denn hier kann als wirkliche Ursache des Bebens nur unser aufpressender Lakkolith namhaft gemacht werden. Niemand wird doch ernstlich glauben wollen, daß die verhältnismäßig armseligen Eruptionerscheinungen, wie sie im Riesgebiete in Tuff- und Schlacken-Auswürfen sich kundgegeben haben, die Ursache eines so ungeheuer-

¹⁾ W. BRANCA: Erdbeben. Deutsche Revue. Verlagsanstalt Stuttgart 1911. Vgl. auch das Referat darüber im Zentralblatt für Geologie und Paläontologie von KEILHACK 1913.

lich wirksamen „vulkanischen“ Bebens gewesen sein könnten. Dazu bedurfte es einer ganz ungemein viel bedeutenderen Ursache; und diese kann dann nur unser Lakkolith sein.

Es ergibt sich also klar, daß, sobald man unsere Emporpressung ausschaltet und nur Explosion gelten lassen will, man keine genügende Ursache tiefer und klaffender Spaltenbildung zur Verfügung hat, welche die *conditio sine qua non* für diese Explosion ist.

Indessen einem solchen von jeder Emporpressung absehenden Erklärungsversuche stellt sich noch eine andere erhebliche Schwierigkeit in den Weg: Das ist die für eine solche Hypothese absolut notwendige Konzentration aller Wassermassen in dem zentralen Teile des Riesgebietes. Wenn lediglich durch eine einzige riesige Explosion ein Gebiet von 25 km Durchmesser aus der Tiefe von mehreren hundert Metern radial heraus- und auf die Alb hinaufgeschoben werden sollte, dann mußte das ganze explodierende Wasser gewissermaßen an einem Punkte, also im zentralen Gebiete, konzentriert und dort plötzlich in die Tiefe, dem Schmelzfluß entgegengebracht werden.

Woher wäre nun dort eine solche Konzentration entstanden?

KRANZ hat freilich ein kleines Modell von 3 m Durchmesser mauern lassen, im Zentrum dieses dann Schwarzpulver als schiebenden Sprengstoff vermauert, diesen zur Explosion gebracht und nun schiebende Wirkung dabei beobachtet.

So interessant auch jeder derartige kleine Versuch in der Geologie ist, so sollte man sich doch hüten, ihn ohne weiteres für beweisend für Naturgeschehnisse anzusehen. Meiner Ansicht nach beweist dieser Versuch für die Entstehung des Rieskessels nicht nur gar nichts, sondern es war auch a priori ausgeschlossen, daß er etwas dafür beweisen konnte. Er beweist nur, daß man mit Hilfe gewisser Sprengmittel eine schiebende Wirkung ausüben kann.

Aber dazu bedurfte es keines Beweises. Schon in meiner Arbeit über das Vorries¹⁾ habe ich auf den Unterschied zwischen brisanten, also zerschmetternden und mehr nur schiebenden Sprengmitteln hingewiesen, der allen mit Sprengübungen Vertrauten eine längst bekannte Sache ist. Neues in dieser Beziehung war mithin durch einen Versuch auf keine Weise zu erwarten.

Für das Ries beweist dieser Versuch nichts; denn wenn ein Experiment beweisende Kraft haben soll, so müssen in

¹⁾ S. 32, 33.

ihm alle diejenigen Bedingungen erfüllt werden, welche in der Natur bei dem zu untersuchenden Objekte obwalten. Wenn dagegen in dem Experimente — und das ist hier der Fall — ganz andere Bedingungen obwalten als in der Natur, dann hat es als Beweismittel keinen Wert. Bei dem Modell wurde 1. die ganze Masse des Sprengmittels an einem Punkte konzentriert; wurde 2. das Zentrum dazu ausgewählt; wurde 3. das Sprengmittel vermauert, also fest eingekapselt; wurde 4. eine genügend große Masse des Sprengmittels genommen.

Beim Ries aber lagen alle diese Dinge nicht so. Weder war eine so gewaltige Wassermasse vorhanden, noch war das Wasser im Zentrum vereinigt, noch war es fest eingekapselt, noch wirkt Wasserdampf immer schiebend.

Man stelle sich das Kalkgebirge der Alb vor. Oben die Malmkalke, in denen allein unterirdische Wasseransammlungen sich finden können. Darunter die ton- und sandsteinreichen Dogger-Lias-Keuperbildungen; darunter der Granit. Wie sollen die relativ wenigen¹⁾, getrennt voneinander liegenden Wassermassen in den unterirdischen Höhlen und Bächen des Malm an Masse genügen, um eine so ungeheuer große Wirkung auszuüben? Wie sollten sie sich plötzlich im zentralen Teile des Riesgebietes vereinigen? Da bei der „Sprenghypothese“ die Spalten fehlen, auf denen das Wasser rasch in die Tiefe laufen konnte, so konnten diese isolierten Wassermassen bei einer Explosion höchstens die Malmkalke, in denen sie sitzen, beseitigen.

Wir werden doch unmöglich annehmen dürfen, daß in dem damaligen, jetzt evakuierten Riesgebiete mehr Höhlen und unterirdische Bachläufe, also größere Wassermassen vorhanden gewesen seien, als das heute durchschnittlich der Fall ist. Ganz im Gegenteil, es müssen damals, zur Zeit der Riesentstehung, weniger als heute vorhanden gewesen sein, wie eine einfache Überlegung¹⁾ sogleich zeigen wird.

¹⁾ Man betrachte den Steilabfall der Alb, der uns ja einen Aufschluß von gigantischer Längserstreckung darbietet, wie ihn der Geologe größerer kaum wünschen kann. Keine Höhle, kein unterirdischer Wasserlauf, welche in diesem Aufschluß münden — also kein senkrecht oder schräg zum Steilabfall laufender — können unserem Blicke entgehen. (Nur die parallel demselben verlaufenden, oder die noch nicht bis zum Steilabfall hindurchgefressenen könnten verborgen bleiben.) Aber wie armselig wenige kennen wir gegenüber der Masse der Albtafel.

Diese jetzigen Höhlen und Wasserläufe im Jurakalkgebirge sind aber das Werk der auflösenden Tätigkeit des Wassers seit der langen Zeit von der Hebung an, also seit aller oberster Jurazeit (die bekanntlich in der Alb keine Ablagerungen mehr hinterlassen hat), oder sagen

Diese verhältnismäßig kleinen Wassermassen können wohl hingereicht haben, um an getrennten Orten die große sowie die kleineren Explosionen zu erzeugen, wie wir sie bei unserer „Hebungs-Sprenghypothese“ benötigten und annahmen¹⁾, zumal diese die dazu nötigen Spalten, um das Wasser in die Tiefe zu leiten, zur Verfügung hat. Wie aber sollten diese isolierten Wassermassen hingereicht haben, eine so übergewaltige Explosion zu erzeugen, wie sie nötig gewesen wäre, um den Inhalt eines Kessels von ca. 25 km Durchmesser mehrere hundert Meter hinauf auf die Alb zu schieben, zumal da bei dieser Sprenghypothese die nötigen Spalten fehlten?

Doch nicht nur die große dazu nötig gewesene Wassermenge, sondern auch die in der Mitte des Riesgebietes nötig gewesene Vereinigung aller dieser kleineren voneinander getrennten Wassermassen zu einer einzigen bereitet unüberwindliche Schwierigkeiten. Die Spalten hätten ja mehr oder weniger radial zum mittleren Teile des Riesgebiets hin verlaufen sein müssen — eine Annahme, die völlig in der Luft schweben würde. Wenn sie das nicht taten, dann konnte es ja gar nicht zu einer zentralen Vereinigung der getrennten Wassermassen kommen!

Nun kann man freilich in dem zentralen, stark erodiert gewesenen Gebiete des Rieses außer jenen unterirdischen Wasser-

wir rund seit Beginn der Kreidezeit. Folglich müssen in obermiocäner Zeit, als die Riesexplosionen erfolgten, erst weniger Hohlräume gebildet gewesen sein als heutzutage.

Ja, die Sache lag vielleicht damals noch ungünstiger: Es ist bekanntlich eine auffallende Erscheinung, daß wir in der Alb wie in manchen anderen Kalkgebirgen wohl Spalten und Höhlen erfüllt mit diluvialen Höhlenlehm und diluvialen Tierresten finden, nicht oder wenig aber mit tertiären oder gar noch cretaceischen Tierresten. Wie ist das zu erklären? Entweder muß man folgern, daß fast alle in tertiärer und cretaceischer Zeit entstandenen Höhlen und unterirdischen Wasserläufe mit den sie einschließenden Schichten fast spurlos abgetragen, der Erosion zum Opfer gefallen seien, so daß also die jetzt vorhandenen wesentlich erst seit diluvialer Zeit entstanden wären. Das ist wenig glaublich. Oder man muß folgern, daß zur Zeit der Riesbildung erst sehr viel weniger Höhlen usw. sich gebildet hatten, weil ja das Wasser damals noch nicht so lange wie heute auf das Gebirge eingewirkt hatte.

Die Sache liegt ziemlich unklar; denn der Zeitraum vom Beginn der Hebung am Ende der Jurazeit bis zum Obermiocän, der Zeit der Riesentstehung, war offenbar ganz unvergleichlich viel länger als der vom Obermiocän bis heute.

Auf jeden Fall können, wie gesagt, in obermiocäner Zeit nicht mehr, sondern eher nur weniger Höhlen und unterirdische Wasserläufe als heute im Albkörper gesteckt haben.

¹⁾ Vorries, S. 14, 32, 36.

massen auch noch die Ansammlung einer größeren Wassermasse in Form eines offenen Wasserbeckens annehmen, dessen Inhalt sich dann auf offenen Spalten schnell nach der Tiefe hin entleert hätte. Ich selbst habe ja schon die Möglichkeit der Ansammlung einer solchen Wassermasse betont. Aber man stelle sich doch einmal nüchtern vor, was erfolgen mußte, wenn plötzlich klaffende Spalten auf dem Boden dieses Wasserbeckens aufrissen, auf denen das Wasser in die Tiefe strömte. Entweder verschwand das ganze Wasser in den tiefen, klaffenden Spalten, so daß das Wasserbecken leer lief. In der Tiefe der Spalten verwandelte sich das Wasser in Dampf und schoß den oberen Teil der Wassersäulen in die Luft, oder es verblieb ein Teil des Wassers im Becken, dann würden durch diese Wassermassen hindurch Dampfmassen in die Höhe geblasen sein. Nach oben hin war ja der Widerstand so unendlich viel geringer als nach den Seiten hin, daß das explodierende Wasser seine schiebende Kraft nach den Seiten hin wenig ausüben konnte.

Was wäre denn geworden, wenn KRANZ bei seinem kleinen Modell das Schwarzpulver, anstatt es in der Tiefe zu vergraben und fest einzukapseln, unter leichter Bedeckung oben hingelegt hätte? Es wäre natürlich nach oben hin verpufft und hätte keine schiebende Wirkung ausgeübt.

Also die Wassermassen, auf welche KRANZ seine Sprenghypothese aufbaut, sind meiner Ansicht nach ungenügend an Masse und ungenügend an Konzentration und ungenügend fest eingekapselt gewesen, um eine Riesenexplosion zu bewirken.

Nur ein anderes, von KRANZ aber gar nicht in Erwägung Gezogenes könnte gewaltige Wassermassen geliefert haben: die Juranagelfluhe, bzw. die von ihr herrührenden, durch die Überschiebungen geglätteten und gekritzten „Buchbergerolle“ deuten auf die ehemalige Nähe des Molasse-Meeres. Wie nun, wenn dieses das nötige Wasser geliefert hätte, um eine riesige Explosion zu erzeugen? wie beim Rakata.

Freilich würde dazu nötig sein, daß die Explosion schon in mittelmiozäner Zeit erfolgt wäre, in welcher das Meer noch in der Nähe war. Aber KRANZ will ja gerade die Riesbildung in obermiozäne Zeit verlegt wissen, in der das Meer schon hunderte von Kilometern weit entfernt war. Indessen, ich will trotzdem einmal eine Explosion zu mittelmiozäner Zeit annehmen, denn es kommt ja hier nur darauf an, objektiv den

einen Erklärungsversuch gegen den anderen abzuwägen, nicht den Gegner ad absurdum zu führen.

Dann hätte die Sache also wie beim Rakata gelegen. Aber gerade der Rakata liefert den schönsten Beweis dafür, daß eine explodierende große Wassermasse keineswegs immer schiebend wirken muß, wie die „Sprenghypothese“ das annimmt. Wo ist denn am Rakata auch nur eine Spur von jener schiebenden Kraft, von jenen Überschiebungen vorhanden, wie wir sie am Ries finden? Teils in die Luft geblasen, teils, und wohl zum viel größeren Teile, in den durch die Explosion geöffneten Hohlraum hinabgestürzt ist die verschwundene Masse der Insel. Die stehengebliebene Masse aber? Senkrecht starrt ihre 830 m hohe Abrißwand uns entgegen anstatt einer sanft geneigten Schubfläche, wie das der Fall sein müßte, wenn man den Rakata mit Recht als ein Analogon der Riesbildung im Sinne der „Sprenghypothese“ betrachten könnte. Senkrecht und sanft geneigt — das sind doch diametrale Gegensätze, aus denen mit Deutlichkeit hervorgeht, daß bei der Bildung des Rakataereignisses eben gerade nicht an KRANZ' Flaggermine gedacht werden darf.

Beim Rakata hat also offenbar das, obgleich in ungeheuren Mengen vorhandene Wasser, der „Sprenghypothese“ zum Trotz nicht schiebend, sondern zerschmetternd, hochblasend gewirkt, und dann ist der Einsturz erfolgt.

Man sieht, die Natur hat für uns im Rakata ein unendlich viel großartigeres, viel naturgetreueres, daher überzeugenderes Modell der Riesexplosion gemacht, als das KRANZsche Modell es sein konnte.

Aber die Natur hat uns noch ein zweites, oder richtiger gesagt, noch ca. 125 Modelle geliefert, die alle ausnahmslos zugunsten der von uns vertretenen Ansicht sprechen: Das sind die mehr als 125 Maarkanäle im Vulkangebiete von Urach. Durch jeden einzelnen von ihnen wird wiederum der Beweis erbracht, daß explodierende Wassermassen keineswegs schiebend wirken müssen, sondern daß sie durchaus brisant, zerschmetternd wirken können. Auch an keiner einzigen dieser 125 Durchbruchsröhren ist auch nur an einer einzigen Stelle des Umfanges ihrer Mündung eine schräge Schubfläche entstanden. Ausnahmslos haben sie senkrechte Wandungen¹⁾, ganz wie am Rakata.

¹⁾ Daß aber auch hier die Explosionen durch Wasserdampf hervorgerufen wurden, diese Auffassung wird auch durch E. Süss ge-

Zusammenfassend möchte ich also den Inhalt der obigen Ausführungen dahin präzisieren, daß die Bedingungen, unter denen KRANZ sein Experiment anstellte, nicht den Bedingungen entsprachen, wie sie beim Ries vorhanden waren. Daß aber umgekehrt die Bedingung, unter der die Natur das gewaltige Experiment der Rakata-Explosion und die gegen

teilt. Daß Wasser nicht immer schiebend zu wirken braucht, wie aus den Uracher Kanälen sich ergebe, gibt auch KRANZ zu. (Zentralbl. f. Min., Geol., Pal. 1912, S. 412.)

Daß diese Kanäle der Vulkan-Embryonen des Gebietes von Urach nicht durch die ganze gewaltige Dicke der Erdrinde, sondern nur durch den oberen Teil der letzteren hindurchgeschlagen wurden, während in der Tiefe der Schmelzfluß vermutlich auf einer großen Spalte bzw. in einem Hohlraum aufgestiegen war, das habe ich in meiner Arbeit über diese Vulkan-Embryonen gesagt und neuerdings in meiner Erwiderung auf KRANZ'S Angriffe wieder darauf verwiesen. (Zentralbl. f. Mineral. Geol., Paläont. 1911, S. 398). Ich habe also gar nicht angenommen, daß diese Kanäle — wie man das aus KRANZ'S Worten S. 412 notwendig annehmen muß — „aus den heißen Tiefen der Erde“ lediglich durch Explosionen gemacht worden seien. Ebenso wirkt es irreführend, wenn KRANZ — der im übrigen ja hier durchaus bestrebt ist, mir gerecht zu werden —, dann gleich dahinter seine eigene Ansicht mit den Worten einleitet: „Da scheint es mir doch glaubhafter“, um dann aber eigentlich nur zu sagen, was ich mit anderen Worten ja nur gesagt hatte. Ich bin daher gezwungen, an dieser Stelle meine damaligen Worte nochmals zu wiederholen, um dem vorzubeugen, daß bei solchen, die meine Arbeit nicht gelesen haben, und wer könnte alle Arbeiten lesen, die Legende entsteht, ich habe ganz anderes geschrieben und vertreten, als tatsächlich der Fall ist.

In „Schwabens 125 Vulkan-Embryonen“ habe ich S. 628 u. 630 gesagt:

S. 628: „Damit will ich nicht sagen, daß ich diese Beziehungen zwischen Spalten und Vulkanen als Ursache und Wirkung bestreite. Das kommt mir gar nicht in den Sinn. Ich will nur einer Verallgemeinerung dieses Satzes entgegentreten, da ich das Vorhandensein von Spalten auf Grund der im Gebiete von Urach gemachten Erfahrungen nicht als *conditio sine qua non* für die Entstehung von Maaren betrachten kann.“

S. 630: „Wohl wird unter dem ganzen vulkanischen Gebiete von Urach in der Tiefe ein großer Hohlraum, ein Herd vorhanden gewesen sein, in welchem die Schmelzmassen sich mehr als an anderen Orten der Erdoberfläche genähert befanden, an welchem sie in einem höheren Niveau standen als anderwärts. Wohl mögen vielleicht von diesem Herde aus verschiedene klastende Spalten nach aufwärts in die Erdrinde gegangen sein, in welchen die Schmelzmassen abermals höher steigen konnten. Wohl mögen auch diese Bruchlinien hie und da hinauf bis an die Erdoberfläche gereicht haben; trotzdem aber scheint es mir, daß diesen letzteren Teil ihres Weges zur Erdoberfläche unsere Schmelzmassen ganz vorwiegend auf Kanälen zurücklegten, welche sie sich durch ihre Gase selbst bohrten.“

125 kleineren Experimente der Maarkanäle bei Urach anstellte, ganz der Bedingung entsprachen, welche die „Sprenghypothese“ voraussetzt, nämlich Vorhandensein großer Mengen explodierendes Wassers; und dennoch erfolgte hier nirgends ein Schieben, wie es die „Sprenghypothese“ annimmt.

Gerade umgekehrt hat nun das winzige KRANZsche Experiment mit Schwarzpulver solche schrägen Schubflächen geliefert, auf denen ein Heraufschieben der Masse sich vollzog; und haben die großen Naturexperimente mit Wasserdampf keine solchen schrägen Schubflächen geliefert, und kein Heraufschieben der Massen hat stattgefunden.

Nun macht aber KRANZ als vermeintlichen Beweis für die Richtigkeit der „Sprenghypothese“ geltend, daß am Ries nach seiner Entstehung ringsum eine solche schräge Schubfläche vorhanden gewesen sei, und daß noch heute an einigen Stellen solche schrägen, zum Ries hin einfallenden Flächen sich fänden; so am Blassenberg, Reimersberg, Goldberg, Röthenberg.

Aber was wollen diese kleinen Vorkommen, an denen man eine Neigung gegen das Ries hin beobachten kann, sagen gegenüber dem ganzen übrigen Umkreise des Rieskessels, an und in dem man nichts davon sieht, an dem vielmehr ein Steilrand vorhanden ist.

Unmöglich wird man natürlich denken dürfen, daß die angeblich ursprünglich vorhanden gewesene, ganz sanft aufwärtssteigende Schubfläche später durch die Erosion bis auf einige noch heut erhaltene Stellen in einen Steilrand umgewandelt worden sei.

Durch die Erosion kann wohl allmählich ein steiler Abfall in einen schrägen verwandelt werden, nicht aber umgekehrt ein schräger in einen steilen. Letzteres jedoch müßte hier der Fall gewesen sein, wenn KRANZs Vermutung das Richtige träfe.

Auch die etwaige Vorstellung, daß durch das spätere Einsinken des Riesgebietes dieser schräge Rand in einen steilen verwandelt worden sei, wäre unhaltbar. Der schräge Rand könnte durch das Einsinken höchstens in zwei Teile zerbrochen sein: einen peripheren, den man noch ringsherum sehen müßte, und einen inneren, der ebenfalls in seinem peripheren Teile sichtbar sein müßte, während der mehr zentrale immerhin durch Schutt und Sedimente verhüllt sein könnte. Nichts ist davon zu sehen.

Mir scheinen viel natürlichere Erklärungen näher zu liegen: Wenn ein so gewaltiger Pfropfen aus der Albhochfläche herausgebrochen, in die Höhe gepreßt wurde, und wenn dann schließ-

lich eine große und mehrere kleinere Explosionen entstanden, dann wird selbstverständlich auch der stehengebliebene Rand in Mitleidenschaft gezogen, also zerbrochen werden. Wenn dann nun später ein Wiederhinabsinken des Emporgepreßten stattfindet (S. 249 VII), dann werden selbstverständlich auch einzelne Schollen des Randes sich in das hinabsinkende Gebiet hineinneigen. Auf solche Weise erklärt sich ungezwungen die Tatsache, daß an einigen wenigen Stellen der Rand des Rieskessels schräg zum Rieskessel hinabsteigt, an dem ganzen übrigen Teile des Umkreises aber steil abfällt.

Aber noch eine andere Möglichkeit liegt vor. Man denke sich, daß in dem emporgepreßten Pfropfen durch Explosionen hie und da eine horizontale Schubfläche — wie KRANZ das betont — entstanden sei, auf der die Massen anstatt gleich schräg abwärts, zunächst horizontal hinausgeschoben worden wären. Wenn dann die Scholle, auf der sich vielleicht eine solche horizontale Schubfläche gebildet hätte, später einsank, dann mußte sie leicht eine Neigung nach außen aufwärts annehmen.

Endlich besteht noch eine dritte Möglichkeit: Es könnte im Ries selbst die Neigung dieser Schollen auch noch hie und da durch eine unter ihnen stattgefundene kleinere Explosion eines unterirdischen Wassers hervorgerufen oder verstärkt worden sein; denn die Vorstellung der „Sprenghypothese“, daß alles unterirdische Wasser sich nur an einem einzigen Orte zu einer einzigen Explosion vereinigt haben sollte, ist ja, so scheint mir aus meinen vorhergehenden Ausführungen sicher hervorzugehen, eine unhaltbare. Ja, sie ist direkt erwiesen eine nicht zutreffende, wie aus dem Vorhandensein der verschiedenen Vergriesungsgebiete im Vorries sich ergibt, die doch durch isolierte kleinere Explosionen entstanden sind.

Endlich könnte viertens auch die Erosion mitgeholfen haben, schräge Flächen zu verstärken.

Nach dieser meiner Erklärung der Entstehungsmöglichkeiten jener schrägen Flächen wären die letzteren also nicht als Teile einer vom Ries aus schräg aufwärts ansteigenden Schubfläche entstanden, wie KRANZ will, sondern als in den Rieskessel hinein abwärts sich neigende Flächen. In der Erscheinungsweise wären diese ganz ebenso aussehend wie jene; in der Genesis aber wären die einen das gerade Gegenteil der anderen.

Für mich gibt es angesichts so erdrückender Beweise keinen Zweifel an dem Vorhandensein einer Intrusivmasse unter dem Ries. Ist dem aber so, dann gibt es kein Markten mehr: Eine Intrusionsmasse, zumal eine so flachliegende, wie wir — ganz ebenso aber auch KRANZ — sie annehmen, muß emporpressend wirken; auch dann, wenn man sich auf den Boden der Aufschmelzlehre stellen will.

Über den Betrag der Aufpressung, also die Höhe des ehemaligen, jetzt ja in einen Kessel verwandelten Berges haben wir nie eine Meinung geäußert. Da der Kessel einige hundert Meter tief ist, so könnte man vielleicht höchstens an eine ähnliche oder etwas größere Höhe des Berges denken. Unterstellt ist uns freilich von gegnerischer Seite, als angeblich notwendig, die ganz unsinnige Höhe eines zu 5000 (!) m aufragenden Berges, was dann natürlich als etwas Unmögliches sich gut bekämpfen ließ. Es würde das eine annähernd 5000 m hohe Intrusivmasse (!) zur Voraussetzung haben. Wir haben an derartiges natürlich nie gedacht.

Wie hoch oder wie gering die Aufpressung war, das ist aber nebensächlich. Gesteinsmassen können schon von einer geringen Erhöhung heruntergleiten und, wenn sie durch eine Explosion den Anstoß erhalten, auch noch weithin fahren. Sie können aber schwer um den senkrechten Betrag von einigen hundert Metern schräg hinaufgleiten und dann noch weithin fahren¹⁾.

¹⁾ Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, hier auch noch die Ansichten zweier anderer Forscher bezüglich der Riesgenese zu hören, von denen der eine, SAPPER, nur kurz unsere Erklärung bezweifelt, ohne eine andere zu geben, während der andere, LÖFFLER, im vollen Gegensatz zu KRANZ, gerade nur unseren ersten Erklärungsversuch, nur die Hebung bestehen und die Explosionen ganz ausschalten will.

SAPPER schreibt: „Es dürfte von mancher Seite die Arbeit von FRAAS und BRANCA über das Ries Widersprüchen begegnen, denn das letzte Wort über die Entstehung des Rieses ist noch keineswegs gesprochen, und es gibt manchen Fachgenossen, der durch die Ausführungen der beiden genannten Forscher noch nicht überzeugt ist.“ (In einer Besprechung von H. RECKS „Masseneruptionen“, S. 333. Wohl Neues Jahrbuch f. Mineral., Geol., Paläont. 1912.)

Leider sagt aber SAPPER nicht, wie er sich nun die Entstehung der Riesphänomene denkt, so daß es mir unmöglich ist, mich über seine Ansicht zu äußern. Vielleicht kennt SAPPER meine Arbeit über das Vorries nicht, in der unser Erklärungsversuch durch Hinzufügen der Explosionen erweitert wurde?

RICHARD LÖFFLER dagegen meint: „Ich glaubte nicht unbedingt an die Notwendigkeit der Zuhilfenahme einer Explosion zur Erklärung der Überschiebungen und Vergriesungserscheinungen, da häufig zusammenhängende Schollen von nicht unbeträchtlichem Umfang in der

Zusammenfassung von Abschnitt B.

Der eine der Gründe, die wir als Beweis für die Emporpressung des Riesgebietes durch eine Intrusionsmasse geltend gemacht hatten, die zu große Höhenlage des Granites, ist hinfällig geworden durch den Nachweis, daß er durch Überschiebung in diese Höhe gelangt ist, was sich leicht durch die Explosionen erklärt, die unsere „Hebungs-Sprenghypothese“ ebenso darbietet wie KRANZ' „Sprenghypothese“. Dieser Nachweis, daß der Granit dort überschoben ist, wird aber durchaus noch zu keinem Beweise gegen eine Aufpressung; und es bleiben noch zahlreiche Gründe, durch welche die Aufpressung bewiesen wird:

Daß ein Schmelzherd unter dem Ries liegt, geht hervor daraus, daß er Extrusionen an der Tagesfläche geliefert hat.

Daß eine eisenreiche Intrusivmasse unter dem Ries vorhanden ist, geht mit Sicherheit hervor aus den magnetischen Abweichungen im Riesgebiete, ferner aus dem Auffinden eisenreicher basischer Gesteinsstücke jungen Alters. Sodann daraus,

bunten Breccie sich vorfinden, deren Schichtenverband verhältnismäßig wenig gestört ist. Auch müßten bei einer Explosion die Massen in die Höhe geschleudert worden sein, während wir fast überall ziemlich horizontale Überschiebungsflächen antreffen. Der ganze Überschiebungsakt scheint mir übrigens langsam vor sich gegangen zu sein unter ungeheurem Druck, was eben nur auf die langsam nach oben drängende Eruptivmasse zurückzuführen ist. Mit einer Gasexplosion müßte doch wohl eine teilweise Zerspritzung des Magmas oder wenigstens der halbweichen Grundgebirgsgesteine verbunden gewesen sein. Auffallenderweise findet man aber nirgends magmatisch beeinflusste Gesteine in der bunten Breccie. An größere Wasseransammlungen als Ursache einer solchen Explosion ist wohl nicht zu denken. Denn diese Wassermassen könnten sich nur im Weißjura- bzw. Muschelkalkgebirge angesammelt haben. Nun liegt aber bei der schlechten Wärmeleitung der Gesteine und unter Berücksichtigung, daß die Grundgebirgsgesteine in der bunten Breccie durch Hitze nicht verändert sind, der Weißjura zu hoch, während Muschelkalk — auf jeden Fall wenigstens in größerer Ausdehnung — fehlt.“

An anderer Stelle spricht sich LÖFFLER noch entschiedener gegen eine Explosion aus: „Ob bei dem Überschiebungsakte eine große Explosion wesentlich mitgewirkt hat, mag dahingestellt bleiben. Es erscheint vielleicht auf den ersten Blick überraschend und undenkbar. Wenn auch die Entstehung der Weißjuragriesfelsen durch eine Explosion allein zu erklären allenfalls möglich wäre, so wird eine solche Erklärung durch die Verquickung der Griesmassen mit der eigentlichen bunten Breccie vollständig angeschlossen.“ (Die Zusammensetzung des Grundgebirges im Ries.) Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Achtundsechzigster Jahrgang mit 7 Tafeln und 2 Beilagen. Stuttgart 1912. S. 109 Anm. und S. 119.)

daß überhaupt Kontaktexplosionen möglich waren; denn diese haben Wasser und Schmelzherd zur Voraussetzung.

Daß endlich diese Intrusivmasse nur sehr flach lag, wird bewiesen durch die Tatsache, daß sie solche Kontaktexplosionen hervorrief, die an der Erdoberfläche sehr stark wirkten. Explosionen in tiefem Niveau würden nur Erdbeben erzeugen, an der Erdoberfläche daher nicht derartige Wirkungen haben.

Folglich muß man hier auch die Wirkungen einer flachgelegenen Intrusionsmasse notwendig zugeben: a) Aufpressung des Hangenden; b) dabei erfolgende Zertrümmerung des aufgepreßten Gebietes, Aufreißen klaffender, tief hinabgehender Spalten, auf denen das Wasser (aus den unterirdischen Höhlen des Malm oder aus einem Süßwassersee oder aus dem Meere? dann mittelmioocänen Alters) in die Tiefe gelangen konnte; c) leichte Arbeit für die Explosionen, da das Gebiet bereits zertrümmert war, sie mithin die Schollen nicht erst aus dem Verbande loszubrechen brauchten, und da die Schollen von dem aufgepreßten Berge aus leicht abwärtsfahren konnten.

Umgekehrt die „Sprenghypothese“; sie verfügt a) über keine Spalten, auf denen das Wasser in die Tiefe gelangen konnte. Sie erfordert b) eine ungeheure Wassermasse, da dessen Explosion ein Gebiet von 25 km Durchmesser herauschieben und zugleich mehrere hundert Meter hoch aufwärtschieben und zugleich diese ganze ungeheure Gesteinsmasse erst aus dem Schichtenverbande herausbrechen mußte. Sie bedarf ferner c) einer Konzentration der ganzen Wassermasse im zentralen Gebiete und d) dort einer plötzlichen Verwandlung derselben in Dampf.

Alle diese Bedingungen waren im Riesgebiete nicht erfüllt. Nur dann, falls die Riesentstehung schon in mittelmioocäner Zeit erfolgt sein sollte, was KRANZ eben bestreitet, könnte im Meereswasser wenigstens das genügende Quantum zur Verfügung stehend gedacht werden. Die Spalten aber würden auch dann noch fehlen, und diese sind die *conditio sine qua non* von Kontaktexplosionen. Durch Erdbeben, wie KRANZ will, konnten so tiefe, klaffende Spalten nie entstehen.

Das von KRANZ gemachte Experiment wurde unter völlig anderen Bedingungen angestellt, als sie das Ries darbot; es beweist daher nichts. Dagegen hat die Natur ein ungeheuer großes Experiment, die Explosion des Rakata, und ca. 125 kleinere Experimente, die Explosionen der Uracher Maarkanäle, gemacht, aus denen hervorgeht, daß explodierender Wasserdampf dort niemals schiebend gewirkt hat. Diese schiebende Wirkung aber ist gerade die Voraussetzung der „Sprenghypo-

these“, ohne deren Erfüllung dieser Hypothese jeder Boden entzogen wird.

Wenn die „Sprenghypothese“ das Richtige träge, dann müßte aus dem Ries überall eine ganz sanft ansteigende Schubfläche zur Alb hinaufführen, die mindestens in ihrem peripheren Teile ringsum im Ries erhalten sein müßte. Gerade umgekehrt aber ist der Rand der Alb fast überall steil. Nur vereinzelt zeigen sich in das Ries hinein sich senkende Flächen, deren Entstehung aber sich anders erklären läßt denn als Schubfläche.

Nachtrag.

Auf S. 249 IV hatte ich der möglichen Ausnahme gedacht, daß eine Intrusivmasse einmal in einen durch Wasser im Kalkgebirge ausgewaschenen Hohlraum eintreten könne, in welchem Falle dann keine Aufpressung stattzufinden braucht, falls die Menge des Intrusivmagmas nicht größer ist als dieser Hohlraum. Für diesen wohl seltenen Ausnahmefall gibt HAARMANN einen interessanten Beleg¹⁾ aus Nord-Mexiko. Er beschreibt einen Diorit, der in die Kreideschichten eingedrungen ist, die er „in keiner Weise aufbiegt oder stört“, Fig. 10 und 14. Als Erklärung sagt er, man müsse annehmen, daß das Magma bereits bestehende Hohlräume ausgefüllt hat, „die sich in dem kalkigen Gestein, besonders entlang Verwerfungen, durch erhöhte Wasserzirkulation bildeten.“

Das ist also ganz das, was ich in meiner theoretischen Betrachtung im Auge hatte.

Aber auch für die durch das Intrusivmagma erfolgende Aufpressung von Schichten gibt HAARMANN²⁾ einen guten Beleg, der sich auf den Lakkolith des Cerro Blanco bezieht.

HAARMANN sagt hier: „Es kann kein Zweifel sein, daß hier eine Aufpressung der Schichten durch das Magma stattgefunden hat; wie sollte sonst wohl eine sich dem Lakkolithen so anschmiegende Lagerung der Schichten zustande kommen.“ ... „Zudem sind sie stark gestaucht, während sie sonst verhältnismäßig sanft und gleichmäßig gefaltet sind, woraus sich ergibt, daß das Magma, wiewohl es den durch die Faltung vorgezeichneten Schräglinien folgte, doch beim Aufsteigen die Schichten selbst erheblich zusammendrückte.“

Gerade aus Mexiko hat ja auch BÖSE schon vor mehreren Jahren schöne Beweise für eine solche hebende Tätigkeit des Magmas gegeben.

¹⁾ ERICH HAARMANN: Geologische Streifzüge in Coahnila. Diese Zeitschr. 65, 1913, S. 35.

²⁾ Ebenda, S. 39.