

# Über Gebirgsspannungen und Gebirgsschläge.

Von Dr. K. A. Weithofer.

Über Gebirgsschläge<sup>1)</sup> sind, insbesondere im letzten Jahrzehnt, eine ganz ansehnliche Reihe von Veröffentlichungen in verschiedenen Fachzeitschriften erfolgt, die über dieses Phänomen bereits eine ziemliche Fülle von Material bekannt werden ließen. Nichtsdestoweniger ist man sich über die Natur dieser Erscheinungen wie auch über deren Ursachen noch immer recht im unklaren.

So sind sie für die einen — um nur zwei Hauptanschauungen hervorzuheben — Ergebnisse ausschließlich des Schweredruckes der darüber lastenden Schichten, für andere wieder nur Äußerungen eines lateral wirkenden Druckes von gebirgsbildenden Kräften. Es wird jedoch kaum möglich sein, so einfach eine einzige Ursache als in allen Fällen wirksam hinzustellen. Schon die Erscheinungsform dieser Gebirgsschläge ist eine ziemlich mannigfaltige; es liegt nahe, daß auch die Ursachen verschiedene werden sein können. Wenn man die bisher bekanntgewordenen Tatsachen prüft, wird man in der Tat auch zu diesem Schlusse geführt.

Es sollen im folgenden zunächst die Erscheinungen in der Kohlengrube von Hausham beschrieben werden, die als ein hervorragendes Betätigungsfeld für solche Gebirgsschläge seit nahezu einem Vierteljahrhundert sich erwies, und daran auknüpfend dann jene in anderen Grubengebieten, Tunneln und Steinbrüchen, um derart vielleicht zu gemeinsamen Gesichtspunkten zu kommen, unter denen die Natur dieser oft recht bedenklich sich äußernden Kräfte zu erklären ist.

---

<sup>1)</sup> Für Erscheinungen dieser Art sind die verschiedenartigsten Bezeichnungen gebraucht worden: Gebirgsschläge, Bergschläge, Gesteinsschläge, Detonationen, Abbrennen, Absprengungen, Pfeilerschüsse, Kohlenstoßexplosionen u. dgl. Als geeignete Ausdrücke, die allgemein genügend alle vorkommenden Äußerungen umfassen, kommen wohl nur die beiden ersten in Betracht. Wenn ich mich dabei für das Wort „Gebirgsschläge“ entscheide, so hat dies seinen Grund darin, daß die Bekanntschaft mit diesen Erscheinungen wohl in erster Linie aus dem Bergbau stammt. Das anstehende Gestein, das die Schläge verursacht, nennt der Bergmann aber „Gebirge“, daher Gebirgsschläge. „Berg“ ist das erhauene taube Material, das in den Versatz oder auf die Halde wandert; dieses ist unter allen Umständen tot, aus diesem kommen keine Schläge mehr. Sonst wird das Wort „Berg“ als Bestimmungswort wohl nur in alten Zusammensetzungen, wie Bergwerk, Bergmann u. dgl. gebraucht, wo es den „Berg“ als Ortsbestimmung gegenüber der Ebene bezeichnete, denn bei der geringen Kunst der Alten in die Tiefe zu gehen, war der Bergbau damals eben vorwiegend an die Erde gebunden.

Die Grube Hausham, am Alpenrande südlich von München gelegen, baut Flöze der oberbayrischen Oligocänmolasse.

Bezüglich der Schichtenfolge und des Gebirgsbaues dieser letzteren sei auf frühere Arbeiten des Verfassers verwiesen<sup>1)</sup>. Nur über den Gebirgsbau möge hier folgende Zusammenfassung und Ergänzung, insbesondere mit Rücksicht auf die in Rede stehende Örtlichkeit gestattet sein.

Wie in dem Aufsätze vom Jahre 1914 geschildert, lassen sich in der oberbayrischen Molasse zwischen Salzach und Lech drei Faltenzonen unterscheiden:

a) Eine südliche Falte, die vom Westen nur bis zum Kochelsee oder zur Loisach reicht, sich hier schließt und an einer vorspringenden Alpengebirgsstaffel abstößt; sie besteht in ihrem Innern aus wenig Cyrenenschichten und hauptsächlich unterer bunter Molasse und ist ringsum von unterer Meeresmolasse umgeben.

b) Eine mittlere Falte, die gegen Osten über erstere hinaus bis zum Inn sich erstreckt und hier in ganz gleicher Weise an dem vorspringenden Alpenrand abstößt. An der Isar hebt sie sich bei Tölz sattelförmig heraus, so daß hier im Streichen die untere Meeresmolasse zutage tritt und eine östliche, vollständig in sich abgeschlossene und rings von unterer Meeresmolasse umgebene Teilmulde, die Haushamer Mulde, von einer westlichen, der Penzberger Mulde, die nur an ihrem Südrand untere Meeresmolasse zeigt, trennt. Sie sind über dem tiefsten Horizont, der genannten unteren Meeresmolasse, beide von den brakischen Cyrenenschichten erfüllt, in welche sich nur in der westlichen (Penzberger) Mulde die untere bunte Molasse in schon mehrfach geschilderter Weise zwischenschiebt. In der Haushamer Mulde scheinen höchstens Spuren von letzterer vorhanden zu sein.

c) Ein nördlicher Faltenzug; dieser enthält keine einheitliche Falte, wie unter a und b, sondern meist neben einer Hauptfalte noch mehr oder weniger deutlich vorgelagerte Nebenfalten. Die untere marine Molasse ist hier wohl nirgends einwandfrei bekannt; dagegen alle höheren Schichten bis zur oberen bunten Molasse.

Uns interessiert hier ausschließlich der mittlere Faltenzug, insbesondere dessen östlicher Teil, die Haushamer Mulde, und auch von dieser hauptsächlich der mittlere Teil, vor allem etwa zwischen Schlierach und Leitzach, der durch die Haushamer Grubenbaue auf über 15 km streichende Erstreckung in sehr eingehender Weise abgeschlossen ist.

Durch drei bei Hausham im Schlierachtale auf 255 m (Auersole), 515 m (III. Tiefbausohle) und 715 m (VI. Tiefbausohle) niedergebrachte Förderschächte (Meershöhe des Tagkranzes derselben etwa 770 m) werden die zwei bauwürdigen Flöze dieser Mulde (das

<sup>1)</sup> Weithofer, Zur Kenntn. der oberen Horizonte d. oligoc. Brackwassermolasse Oberbayerns etc. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1899, pag. 269. — Einige Querprofile durch d. Molassebildungen Oberbayerns. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1902, Bd. 52, pag. 39. — Über neuere Aufschlüsse in den jüngeren Molasse-schichten Oberbayerns. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1912, pag. 347. — Die Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie und Tektonik im oberbayr. Molassegebiet. Geolog. Rundschau 1914, Bd. V, pag. 65.

sogenannte Großkohl- und Kleinkohlflöz) aufgeschlossen. Die obere Breite dieser Mulde zwischen Nord- und Südflügel genannter Flöze ist etwa 2 km. Der Nordflügel fällt überall ziemlich flach gegen Süden ein, das Muldentiefste liegt, soweit heute bekannt, in ca. 800—850 m Tiefe unter Tagkranz, der Südflügel steigt daraus steiler empor, geht — vornehmlich östlich der Schächte — sogar in überkippte Lage über. Die Überkippungsstelle befindet sich dabei in der Nähe der Schächte über der Auersohle bei etwa 200 m Tiefe<sup>1)</sup>. Gegen Westen verliert sich die Überkippung sehr bald vollständig und der Südflügel fällt hier dann steil gegen Norden ein<sup>2)</sup>. Gegen Osten von den Schächten wird die Überkippung hingegen immer schärfer, sinkt dabei immer tiefer, so daß sie 4 km östlich der Schächte bereits in der Mitte zwischen Auersohle und dritter Tiefbausohle liegt. Auch legt sich der überkippte Schenkel in dieser Richtung immer flacher und hat in einer Entfernung von 4 bis 4.5 km nur mehr ca. 40° südliches Einfallen<sup>3)</sup>.

Aus diesen Profilen ist zu ersehen, daß der Muldentheil östlich vom Schlierachtal einer ganz außerordentlichen seitlichen Pressung ausgesetzt war, die schließlich den Südflügel gegen Norden zu weit über die Mulde hinüberschob. Im Schlierachtal sind die Schichten dabei noch in einem sanften Bogen überkippt, weiter gegen Osten wird der überkippte Schenkel immer energischer, förmlich von oben her, muldeneinwärts hereingedrückt, er wird flacher, die Überkippung selbst schärfer, bis sie zu einer förmlichen Knickung wird.

Etwa 1 km östlich der Schächte stellen sich dabei in diesem Flügel in dem Flöze eine Reihe von kleinen Verwerfungen ein<sup>4)</sup>. Sie fallen sämtlich mehr oder weniger steil gegen das Muldeninnere zu ein. Der hangende Teil ist auch stets gegen die Mulde zu abgesunken. Diese Verwerfungen bilden fast ausnahmslos einen ziemlich spitzen Winkel gegen das Flöz — also gegen die Schichten im allgemeinen — und stehen auffallender Weise im allgemeinen desto steiler, in je höherem Niveau (über dem Meere) sie auftreten. Sie machen dadurch den Eindruck, daß sie zu einer Zeit entstanden sind, da die Haushamer Mulde noch ganz flach war. Mit der Aufrichtung und schließlich Überkippung des Südflügels scheinen dann auch diese ursprünglich ganz flachen, von der Horizontalen nicht viel verschiedenen Verwerfungen — hier dann besser Überschiebungen genannt — gehoben und nach oben zu daher immer steiler aufgerichtet worden zu sein. Sie sind daher ebenfalls anfängliche Resultate des gleichen Seitenschubes, der dann später den Südflügel samt ihnen emporgehoben und überworfen hat.

Einen Widerspruch zu dieser Präexistenz der Verwerfungen oder Überschiebungen scheint allerdings der Umstand zu bilden, daß gerade an der Knickungsstelle des überkippten Flügels mehrere derselben sich befinden, daher scheinbar wohl auf die Knickung selbst zurück-

<sup>1)</sup> Vgl. Weithofer, l. c. 1902, Taf. II, Prof. III.

<sup>2)</sup> Ebenda Taf. III, Prof. IV.

<sup>3)</sup> Ebenda Taf. II, Prof. II.

<sup>4)</sup> Ersichtlich bei Baumgartner, Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 1900, Taf. XVI, Fig. 1.

zuführen sind. Man kann sich die Sache aber auch so erklären, daß bei der gegen Osten immer schärfer werdenden Umbeugung der Schichten die bereits vorhandenen Verschiebungsflächen zu einer vollständigen Zerknickung des überworfenen Bogens führten.

Ähnliche kleine, jedoch zahlreiche und ganz flach liegende Überschiebungen zeigt auch die unmittelbar nördlich vorgelagerte Miesbacher Mulde, die bereits dem nördlichen Faltenzuge angehört. Nord- und Südfügel fallen hier annähernd gleich flach südlich, respektive nördlich ein<sup>1)</sup>, so daß sie dadurch etwa das Bild der Haushamer Mulde in einem frühen Stadium bietet zu einer Zeit, als die heutigen steilen Verwerfungen sich ebenfalls noch als flache Überschiebungen in der flachen Mulde darstellten.

Es mögen diese wie Schuppen sich präsentierenden kleinen Überschiebungen hier ein Vorstadium der ganzen Aktion zeigen, deren mächtiger Nachschub dann die Haushamer Mulde in ihrem Südfügel auftürmte und überwarf, sowie schließlich die oligocäne Molasse an ihrem Nordrande über das vorgelagerte Miocän überschob.

Bei derartigen Faltungen ist es als weitere Folgeerscheinung natürlich unvermeidlich, daß die im Innern der Falten gelegenen Schichten eine Pressung in der Richtung längs ihrer Schichtflächen erfahren, dagegen die äußeren Schichten mehr oder weniger eine Zerrung in gleichem Sinne. Als Folge muß sich einerseits, soweit dies nach dem Gesteinscharakter möglich ist, Komprimierung oder Dehnung einstellen oder aber andererseits Verschiebungen der einzelnen, von der Faltung betroffenen Schichten gegeneinander.

Bildet nach der Beschaffenheit ihres Materials die Stelle geringsten Widerstands irgend eine Schicht selbst, so geht die Verschiebung unter vollkommener Zerreibung und Durcheinanderknetung dieser Schicht vor sich. Jedem Bergmann ist dieses Vorkommen von solchen, oft ganz zermahlenden, von Rutscheln und wirren Gleitflächen durchzogenen, stets weicheren Schichten im normalen Schichtenverbande bekannt<sup>2)</sup>.

Häufig genug bilden die Flöze diese Stelle geringsten Widerstands und diese sind dann nicht gebankt und fest, sondern ihre Kohle zerrieben, durcheinandergeknetet und verworren, ohne jeden Grobkohlenanfall. Oft genug werden sie dann als allochthon angesprochen. Es sind dies aber wahrscheinlich meist Flöze, in welchen solche Verschiebungsbewegungen der Schichten bei der Faltung, überhaupt Biegung, stattgefunden haben.

Da die einzelnen Bänke eines und desselben Flöztes weiter oft genug nicht von gleicher Beschaffenheit und Resistenz sind, so kann man auch finden, daß ein Teil des gleichen Flöztes normal abgelagerte,

<sup>1)</sup> Vgl. Weithofer, a. a. O., 1902, Taf. II, Prof. III und Taf. III, Prof. IV.

<sup>2)</sup> Man vergleiche als Beispiel — das mir aus der Literatur gerade zur Hand ist — Briarts Mitteilung und Abbildung in den *Annales de la Société géologique de Belgique*, Bd. 17, 1889—1890, pag. 129 u. ff., wo von einer Bank bituminöser Schiefer die Rede ist, die in den Friauler Alpen bei Resiutta, 15 km von der österreichischen Grenze entfernt, abgebaut wird, die, vollständig durcheinandergefältelt, zwischen regelmäßig gelagerten Triaskalkbänken liegt; weiter wohl auch: Katzer, *Verh. d. k. k. geol. R.-A.* 1904, pag. 154 und 155.

festen, gebankten Kohle enthält, eine Bank derselben also solche vollkommen mürbe, zerriebene und durcheinandergeknetete Kohle. Man kann dies häufig genug beobachten, so zum Beispiel im Bayerschachte der Pilsener Kohlenmulde, so auch in Hausham, von wo Baumgartner<sup>1)</sup> schon eine Reihe von Flözprofilen abbildet, deren Störungen offenbar nur auf diese Ursachen zurückzuführen sind<sup>2)</sup>.

Naheliegender ist es nun und nicht ausgeschlossen, daß nach solchen heftigen Bewegungsvorgängen allgemein latente Spannungen in großem Maße in dem betreffenden Gebirge zunächst zurückgeblieben sein mögen. Ein großer Teil mag ja sicher im Verlauf der Jahrmillionen infolge nachgiebigem Nebengestein gegen die Oberfläche oder gegen seitliche Taleinschnitte zu wieder verloren gegangen sein. Man neigt vielfach sogar zur Ansicht, daß solche vorhandene latente Spannungen überhaupt nicht aus der Zeit des tektonischen Sturmes und Dranges jener Gebirge herrühren. Wo sich Spannungen zeigen, seien sie ausschließlich auf den Druck der überlagernden Gebirgsmassen zurückzuführen.

Insbesondere Heim ist ein nachdrücklicher Vertreter dieser Anschauungen. Schon im Jahre 1878 scheint er in seinem monumentalen Werk „Über den Mechanismus der Gebirgsbildung“<sup>3)</sup> zu dem Resultat zu kommen, daß „der gebirgsbildende Horizontalschub nicht mehr fort dauert“, wenn er auch einige Seiten vorher (pag. 99) die Antwort auf die Frage, „ob jetzt die Alpen, der Jura und so fort gegen den Horizontaldruck, der sie auftürmte, im Gleichgewicht sind oder ob ihre Stauung noch fort und fort wirkt“, für „heute noch unmöglich“ hält. Auch in einer seiner jüngsten Schriften über den Simplontunnel glaubt er, die Frage, ob statt diesem „allgemeinen und mit der Tiefe mehr und mehr hydrostatisch sich verteilenden Druck durch die Überlagerung“ „vielleicht noch Reste von Gebirgsspannungen aus der Zeit der Gesteinsfaltung“ vorhanden sein könnten, mit Nein beantworten zu müssen<sup>4)</sup>.

Er glaubt dagegen alle Druckerscheinungen — hauptsächlich hat er dabei allerdings die tiefen Alpentunnel der Schweiz im Auge — auf Gebirgsdruck infolge der Last der überlagernden Schichten zurückführen zu müssen: „Die Schwerelast des Gebirges setzt sich

<sup>1)</sup> Baumgartner, Über Störungen und eigenartige Druckerscheinungen (sog. „Pfeilerschüsse“ oder „Kohlenstoßexplosionen“ der oberbayr. tert. Kohlenmulde auf Grube Hausham. Österr. Zeitschr. f. B. u. H., Bd. 48, 1900, pag. 461, Taf. XVI.

<sup>2)</sup> Verschiebungen der Kohle zwischen ihrem Hangenden und Liegenden sind ja zudem eine sehr häufige Erscheinung. Oft genug ist es zu beobachten, daß infolge Druckwirkung das Flöz stellenweise förmlich ausgewalzt und die ausgepreßte Kohle in der Nähe in einer linsenförmigen Anschwellung des Flözes angehäuft ist. Ein bezeichnendes Beispiel bietet die stark zusammengedrückte und in ihrem Südfügel gleichfalls überworfene Penzberger Mulde westlich von Hausham. In der östlichen und westlichen Muldenecke ist die Kohle in einzelnen Flözen beträchtlich angereichert, dadurch eine starke Anschwellung der Flözmächtigkeit bildend, doch ist sie hier sehr unregelmäßig gelagert und vielfach ganz durcheinandergeknetet.

<sup>3)</sup> A. Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878, II. Bd., pag. 102.

<sup>4)</sup> A. Heim, Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 1905, 53. Jahrg., pag. 88.

in einer je nach der Gebirgs- (Gesteins-) Festigkeit ungleichen durchschnittlichen Tiefe in einen allseitigen, dem hydrostatischen ähnlichen Gebirgsdruck mit Auftrieb um<sup>1)</sup>).

Nach ihm ist daher in jedem Teil des Gebirges ein Druck ähnlich dem hydrostatischen vorhanden, dessen Wirksamkeit von der vorhandenen Gebirgsfestigkeit — unter Umständen der Gesteinsfestigkeit — abhängig ist. Jeder in einem solchen Teil des Gebirges künstlich geschaffene Hohlraum ist daher diesem allseitigen Druck ausgesetzt; ob und in welchem Grade er in einem gegebenen Falle in die Erscheinung tritt, hängt eben von der Gebirgsfestigkeit ab. Bei gleicher Tiefe wird er in weicherem Gestein zuerst ausgelöst werden, bei gleichem Gestein in entsprechend größerer Tiefe.

Schmidt in Basel, der sich auch sehr lebhaft mit diesen Druckproblemen, besonders soweit sie bei den großen Schweizer Tunnelbauten zum Vorschein kamen, beschäftigte, zollt dieser Anschauung zwar volle Anerkennung, findet aber doch, „daß wir in den Tiefen, in denen Bergleute und Ingenieure zu arbeiten haben, nicht mit hydrostatischen, sondern mit dynamischen Kräften zu rechnen haben“<sup>2)</sup>.

Es ist nun gewiß das zweifellose Verdienst Heims, diesen fruchtbaren Gedanken vom Gebirgsdruck eingeführt, scharf formuliert und in allen seinen Konsequenzen durchgeführt zu haben, allein es ist doch nicht zu verkennen, daß diese These in der Praxis sehr schwierig zu handhaben ist, da die dem Gebirgsdruck entgegenstehenden Kräfte, und damit das praktisch allein greifbare Resultat dieses Widerstreites, nämlich jene der Gebirgs- oder Gesteinsfestigkeit und schließlich all die verschiedenen Störungserscheinungen vollkommen unbekannt und in der Wirklichkeit unfaßbare Größen sind. Auch darauf weist übrigens schon Schmidt hin<sup>3)</sup>. Gegenargumente vorzubringen, wird dadurch eigentlich unmöglich gemacht.

Allerdings scheint ja Heim selbst, schon nach seinen gesamten früheren fundamentalen Darlegungen über Gebirgsbau und Gebirgsbildung, kaum die ausnahmslose Ansicht zu vertreten, daß primär laterale Schubkräfte unter allen Umständen auszuschließen seien, oder daß sich diese oben zitierten Äußerungen doch in der Hauptsache bloß auf jene Regionen der Gebirge beziehen, die über der Talsohle liegen. „Sodann kann ich mir nicht denken, daß aus der Zeit des Zusammenschubes zum Gebirge noch Spannungen übriggeblieben wären, weil seither Tausende von Metern der Überlastung abgetragen worden, Hunderttausende von Jahren verstrichen sind, und auch weil das vom Tunnel durchfahrene Gebirge beiderseits oder in weiterem Umfange ringsum durch Täler umschnitten und dadurch vom Horizontaldruck benachbarter Gebirgsmassen isoliert ist. Die gebirgsbildenden Kräfte sind in diesem oberen Teile des Gebirges über dem Talniveau längst ausgeglichen — so wenigstens muß ich es für wahrscheinlich halten“<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> A. Heim, Tunnelbau und Gebirgsdruck. Vierteljahrshr. d. Naturf. Ges. Zürich 1905, 50. Jahrg., pag. 21.

<sup>2)</sup> C. Schmidt, Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels. Rektoratsprogramm d. Univ. Basel f. d. J. 1906 u. 1907. Basel 1908. Pag. 93.

<sup>3)</sup> A. a. O., pag. 86.

<sup>4)</sup> Heim, a. a. O. 1908, pag. 38.

Ex contrario kann man daher vielleicht annehmen, daß auch er nicht ausschließt, daß unter der Talsohle einerseits die Horizontalverspannungen dem Schwerdruck als weiteres Moment noch entgegenwirken, und andererseits aus der Gebirgsbildungszeit herstammende latente Seitendrucke unter Umständen noch nicht zur Entspannung gekommen sind. Da beides aber gegen die Oberfläche zu nach ihm dann ebenso eintreten müßte, resultierte auch hieraus, daß ceteris paribus solche Gebirgsspannungen, hervorgerufen durch Seitendruck, eigentlich ebenfalls mit der Tiefe zunehmen oder überhaupt erst auftreten müßten. Da sich zudem für Anhänger einer flüssigkeitsähnlichen Druckverteilung — bei entsprechender Größe des Druckes — aber auch hier wieder allseitige Druckverteilung ergeben müßte (wie schließlich bei jedem Druck, welcher Herkunft immer er sei), wäre für diesen also wohl das Endergebnis folgerichtig in beiden Fällen stets das gleiche und doch die Ursachen sehr verschieden.

Selbst über der Talsohle oder in unmittelbarer Nähe derselben wird man aber auch noch anderweitige Spannungen, unabhängig vom hydrostatisch wirkenden Gebirgsdruck der Schwere, zugeben müssen. Finden sich ja sogar aus Steinbrüchen — also über oder nahe der Talsohle gelegenen Bauen — Erscheinungen verzeichnet, die nur schwer als Wirkungen der Schwerelast der über- oder umliegenden Gesteinsmassen gedeutet werden können.

So die bekannten Angaben von W. H. Niles<sup>1)</sup> aus einem in einem niederen Hügel angelegten Gneissteinbruche bei Monson, Mass., in den Vereinigten Staaten; bei dem im Bruche freigelegten Gestein bilden sich häufig flache Antiklinalen, welche oft in ihrer Sattellinie mit lautem Knall aufersten, wobei Staub in die Luft geworfen wird, oft auch Steine von mehreren Pfund Gewicht; die Knalle sind oft wie Sprengschüsse, einmal glaubte man sogar das Pulvermagazin explodiert. Eine abgelöste, lange Gesteinsplatte, die jedoch an einem Ende noch mit dem Muttergestein zusammenhing, hatte sich, was nach den Bohrlöchern, längs denen die Ablösung erfolgte, gut zu beobachten war, um  $1\frac{1}{2}$  Zoll gelängt.

Niles faßt seinen Bericht dahin zusammen<sup>2)</sup>, daß die Gneise unter starkem lateralem Druck stehen, der sich nach ihm sogar nur in NS-Richtung geltend macht, wofür letzteres später allerdings widerlegt wurde. In der zweiten Mitteilung erwähnt er zudem ähnliche Erscheinungen aus einem Sandsteinbruche bei Berea, Ohio, und aus einem Kalksteinbruche bei Lamont, Ill. Er betont dabei pag. 275 ausdrücklich: „that the lateral compression could not have been caused by vertical pressure upon adjacent parts of the beds.“ In der Tat wäre es bei der verhältnismäßig geringen Überhöhung der den Brüchen benachbarten Gelände schwer denkbar, daß durch diesen recht geringen Schweredruck die Gebirgsfestigkeit des Gneises bereits überwunden würde. (Vgl. die Bemerkungen am Schlusse dieser Arbeit.)

<sup>1)</sup> W. H. Niles, Some interesting Phenomena observed in Quarring. Proc. Boston Soc. of Nat. Hist., Vol. XIV, 1870/71, Boston 1872, pag. 80.

<sup>2)</sup> Auch in einer weiteren Mitteilung in der gleichen Zeitschrift, Vol. XVIII, 1875/6, pag. 472. — Vgl. auch E. Suess, Über Zerlegung der gebirgsbildenden Kräfte. Mitt. d. geol. Ges. Wien, Bd. VI, 1913, pag. 37 u. ff.

Ganz ähnliche Verhältnisse beschreibt auch Hankar-Urban<sup>1)</sup>, der Direktor der Steinbrüche von Quenast in Belgien, aus den dortigen Porphyrb Brüchen, und in einer weiteren Abhandlung<sup>2)</sup> erwähnt er noch andere Fälle aus Kalkbrüchen von Yorkshire (nach Mc. Kennedy Hughes, *Bursting rock surfaces. The geol. Mag.* 1887, pag. 511). Auch hier kann die Schwerelast der seitlichen Steinbruchwände wohl nicht gut als den seitlichen Druck verursachend herangezogen werden.

Bekannte Erscheinungen in dieser Hinsicht haben auch die Marmorbrüche von Carrara geliefert: die Sägespalten drücken sich über dem Sägedraht wieder zusammen, so daß letzterer oft genug gar nicht mehr herausgezogen werden kann; von den freigelegten Wänden springen auch hier wie in Quenast unter starkem Knall größere Schalen ab. Delhaye<sup>3)</sup> berichtet hierüber und führt die Sache auf Spannungen zurück, die von der Gebirgsbildung her zurückgeblieben sind und „en relation très intime avec les mouvements de l'écorce terrestre et particulièrement avec les plissements de l'époque miocène“ (a. a. O., pag. 38) stehen. Es gibt dort nach ihm auch interessante Unterschiede im Auftreten dieser Erscheinungen: der grobkörnige Statuenmarmor, der dem oberen Niveau der Marmorlager angehört, hat weiches Nebengestein, welches die Pressung wie ein Polster aufnimmt, daher er weniger Spannung zeigt; der feinkörnige Marmor von Massa ist dagegen in Form von schwächeren Bänken oder Linsen in einem sehr harten Triasdolomit eingelagert, daher hauptsächlich in ihm jene oben beschriebenen Äußerungen einer vorhandenen Spannung im Gebirge auftreten.

Lassen sich also schon nahe der Oberfläche Spannungserscheinungen verzeichnen, die durch den bloßen Schweredruck nicht gut zu erklären sind, so dürfte mit letzterem allein um so weniger auszukommen sein, je tiefer man sich von der Oberfläche nach abwärts zu begibt, denn nach Heims Annahme selbst wäre mit der größeren Tiefe immer mehr und mehr die Möglichkeit einer Entspannung gegen die Oberfläche und gegen die Seiten zu genommen. Ob und wie weit es allerdings möglich ist, daß diese oberflächlichen Spannungen nicht auf tektonische Vorgänge, sondern auf andere Ursachen, etwa auf petrographische Veränderungen zurückzuführen sind, die in den bezüglichen Gesteinen vor sich gingen und eine Volumenvermehrung bewirkten, dies zu beantworten muß berufenerer Seite vorbehalten bleiben<sup>4)</sup>.

Über solche Spannungsäußerungen in Bergwerken sind schon zahlreiche Mitteilungen veröffentlicht worden. Auch in der Grube von Hausham, deren tektonische Verhältnisse eingangs geschildert worden waren, findet sich ein in der Literatur schon mehrfach erwähnter und

<sup>1)</sup> A. Hankar-Urban, Note sur les mouvements spontanés des roches dans les carrières. *Boll. Soc. Belge de Géol., de Pal. et d'Hydrog., T. XIX, Mém.,* Brüssel 1905, pag. 527—540. — Ferner: *Ebenda, T. XX, 1906, pag. 56—61; T. XXI, 1907, Mém., pag. 21—42; T. XXIII, 1909, pag. 260—270; T. XXV, 1911, pag. 173—175.*

<sup>2)</sup> *Ebenda, Mém., 1907, pag. 23.*

<sup>3)</sup> Fer. Delhaye, Les bruits de montagnes aux carrières de marbre de la région de Carrare. *Ann. Soc. géol. de Belgique. T. 35, 1907/8, Liège, pag. B 35—38.*

<sup>4)</sup> Vgl. diesbezüglich z. B.: J. Cornet, Sur une des causes de phénomènes d'autoclase („Bergschlüge“ etc.). *Ann. Soc. géol. de Belgique T. 35, Liège 1907/8, pag. B 277.*

behandelter Herd von solchen. Insbesondere durch die Aufsätze von H. Müller<sup>1)</sup> und K. Baumgartner<sup>2)</sup> sind sie seit längerer Zeit bereits bekannt geworden.

Die Gebirgsspannungen sind hier nicht überall gleich; sowohl nach dem Streichen wie nach dem Verfläachen (nach der Tiefe) sind sie recht verschieden. Aus naheliegenden Gründen sind ihre Äußerungen hauptsächlich in den Flözen bekannt; sie hängen hier aber, wie gleich gesagt sein mag, weniger von der Tiefe, als von der Situation, der Flözbeschaffenheit selbst, vom Nebengestein und den Zwischenmitteln ab.

Im Bau sind in Hausham, wie bereits erwähnt, zwei Flöze: das ältere Großkohlflöz und das jüngere Kleinkohlflöz, die etwa 5—9 m von einander entfernt sind. Im überkippten Teil des Südflügels ist daher das Kleinkohlflöz das liegende, im normal gelagerten Teil das Großkohlflöz. Westlich der Schächte ist nur das Großkohlflöz bauwürdig entwickelt und reicht in diesem Zustande bis etwa 4500 m östlich der Schächte. Die Bauwürdigkeit des Kleinkohls beginnt dagegen erst etwa 700 m östlich der Schächte und reicht in dieser Richtung noch weit über das Großkohlflöz hinaus. Nur über eine Erstreckung von etwa  $3\frac{3}{4}$  km werden daher beide Flöze übereinander abgebaut.

Obzwar der Bergbau hier schon seit den sechziger Jahren datiert, hat man die Wechselwirkung der beiden Flöze aufeinander zufolge des Gebirgsdruckes doch erst etwa vom Jahre 1890 an verstehen gelernt. (Vgl. Müller und Baumgartner a. a. O.) Vorher baute man fast nur das schönere und mächtigere Großkohlflöz; jeder Versuch, nach dem Abbau dieses Flözes auch das schwächere Kleinkohlflöz herauszunehmen, scheiterte auf die Dauer an dessen außerordentlicher Härte. Es stellte sich aber heraus, daß diese Härte sich stets erst nach dem Abbau des Großkohlflözes bemerkbar macht, daß sie jedem der beiden Flöze zukommt, wenn es nach dem anderen zum Abbau gelangt. Das zuerst abgebaute Flöz ist stets milde, das zweite wird erst hart, wenn das erste herausgenommen ist, und zwar genau für den Bereich der Abbaufäche des darunter oder darüber zuerst abgebauten Flözes.

Über das Verhalten des seinerzeit fast allein gebauten Großkohlflözes über der Auersohle (255 m), d. h. also über der Überkippung im überworfenen Teil des Südflügels, ist heute nicht viel bekannt; wahrscheinlich machte hier der Druck keine sonderlichen Schwierigkeiten, da die Tagesoberfläche nicht weit war. Ob man die Schwerkraft als Hauptenergiequelle ansieht oder einen seitlichen Gebirgsdruck — im ersteren Falle war eben der Druck nicht besonders groß, im zweiten konnte sich eine ursprünglich vorhandene latente Spannung gegen oben zum Teil wenigstens verlieren. Druck scheint aber immerhin vorhanden gewesen zu sein, sonst wäre die Verhärtung des Kleinkohlflözes nach erfolgtem Abbau des Großkohlflözes nicht eingetreten.

<sup>1)</sup> H. Müller, Erfahrungen über Abbaumethoden mit Bergvorsatz. Österr. Ztschr. f. B. u. H., Bd. 48, 1900, pag. 347.

<sup>2)</sup> K. Baumgartner, a. a. O., pag. 461.

Als sich die Baue Ende der achtziger und anfangs der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts gegen die Tiefe fortschreitend der Überkipfung näherten und dieselbe dann nach abwärts überschritten, stellten sich als Zeichen einer größeren latenten Spannung des Gebirges die ersten unangenehmen Erfahrungen ein. Vorerst eine erhöhte Pressung des Flözes, die man sich zunächst gern gefallen ließ, da sie die Hereingewinnung der Kohle außerordentlich erleichterte. Ein ständiges Knistern machte sich hörbar, oft genug sprangen auch größere Stücke von den Kohlenstößen ab, es bedurfte nur verhältnismäßig geringer Nachhilfe, um die Kohle hereinzubringen. Dann kam aber die unangenehme Seite: Vorerst in ungefährlicher, wenn auch mehr Kosten verursachender Weise; infolge der lebhaften Pressung wurden die Kohlenstöße in den Strecken zermürbt und langsam in dieselben hereingedrückt. Wo sie nicht rechtzeitig hinter der Zimmerung nachgenommen wurde, wurden die Stempel zerknickt, die Kohle „wuchs in die Strecke herein“, Sohle und First näherten sich. Wiederholte Zimmerung und Nachreißen von Sohle oder First waren die Folge.

Ähnliche, nur entsprechend modifizierte Erfahrungen machte man in den Abbauen. Stellenweise wurde die Pressung aber so stark, daß öfter unter lautem Krachen der Kohlenstoß hereinbrach, mehr oder weniger große Mengen von Kohlenklein und Kohlenstaub in die Abbaue oder Strecken warf und mehrfache Unglücksfälle verursachte: die Gebirgs-, oder vielleicht sogar die Gesteinsfestigkeit der Kohle war überschritten worden. Es mußte aber nicht immer gerade die Kohle sein, es kam auch vor, daß eine besonders spröde Bank von Kalkmergel oder Stinkstein sich als *locus minoris resistentiae* erwies und als Opfer des Gebirgsschlages vollständig zertrümmert herausgeschleudert wurde.

Eine Hauptbedingung dabei war stets, daß es sich ausschließlich um harte und spröde Materialien handelte. Eine Einlagerung von einer weichen Schicht hob stärkere Spannung auf. So konnte man z. B. bei einem kleineren Gebirgsschlag am 21. August 1912 (in einem Abbau der Brems 1 Ost, VI. T. S.) die Wahrnehmung machen, daß der Kohlenstoß in dem Abbau nur zur Hälfte „explodierte“; die Kohle der anderen Hälfte war von einer etwas plastischen Lettenbank durchzogen. Diese scheint also als förmlicher Polster den Gebirgsdruck aufgefangen und unschädlich gemacht zu haben. Aus ähnlichen Gründen scheint vielleicht auch der ganze westliche Teil der Grube von solchen Gebirgsschlägen verschont zu sein, weil hier das Flöz von ähnlichen weichen Mergeln und Lettenbänken durchzogen ist.

Am gefährlichsten waren und sind diese Gebirgsschläge heute noch in einem mittleren Teil der streichenden Erstreckung der Grube, etwa von Brems 1 West bis Brems 5 Ost auf zirka 3-5 km Länge, wo die Kohle am reinsten und das Nebengestein zugleich ein spröder Zementmergel und Sandstein ist. In dieser Partie haben sich auch fast alle die bisher bekanntgewordenen — insbesondere die katastrophalen — Gebirgsschläge abgespielt. Es läßt sich auch nicht sagen, daß sie hier irgendwie gegen die Tiefe zu häufiger geworden wären, obwohl man gerade hier bereits bis gegen den tiefsten Teil der Mulde — zirka 800 m vorgedrungen ist. Sie haben sich hier nahe der Über-

kipfung — also in 200—300 *m* Tiefe — zuerst bemerkbar gemacht und halten in gleicher Stärke bis zur Tiefe an.

Wie sie im Westen bis zur heutigen Abbautiefe von 600 *m* noch nicht wahrgenommen wurden, so haben diese Gebirgsspannungen auch im Osten an Intensität stark eingebüßt; sie machen sich nur durch größeren — nicht unerwünschten — Druck, mit meist unschädlichem Abspringen größerer oder kleinerer Teile bemerkbar, nicht aber in jenen oft zu heftigen Unglücksfällen führenden Gebirgsschlägen der Mitte. Die Schäden betreffen nur das früher erwähnte Anfangsstadium, die Kohle drängt in die Strecke herein, knickt die Zimmerung und nötigt zu häufigeren Reparaturarbeiten. Vielleicht hängt diese geringere Druckäußerung in diesem östlichen Teile auch damit zusammen, daß hier ungefähr jene kleinen Verwerfungen (Überschiebungen) beginnen, die, wie früher erwähnt, an der Überkippsstelle sowie auch darüber und darunter gegen Osten sich einstellen. Vielleicht ist dadurch ein Teil der ursprünglichen Spannung im Überkippsbogen verloren gegangen.

Zu bemerken ist allerdings, daß man aus den bisherigen Erfahrungen auch gelernt hat, den Gebirgsschlägen und ihren verschiedenen Äußerungen auszuweichen oder zuvorkommen. Sie müßten sonst bei dem überaus lebhaften Betrieb, der gerade in der gefährlichen Zone jetzt mehr denn je stattfindet, zu viel häufigeren Vorkommnissen gehören.

Normal kommt der Druck vor der Abbaufont dadurch zur Äußerung, daß die Kohle „arbeitet“, daß sie „lebendig“ ist: sie knistert und zerspringt ständig, es bedarf nur verhältnismäßig geringer Nachhilfe bei der Gewinnung. Solange dieser Zustand anhält, ist die Gefahr nicht groß; sie wächst erst wieder — wie schon Baumgartner a. a. O., pag. 490, anführt — mit der Wegnahme dieses zerknisterten und zerklüfteten Mantels, sowie wenn diese Zerklüftung nicht rasch genug im gleichen Schritt mit dem Abbau vom neuen entsteht. Oft kommt es dann vor, daß die Kohle hart wird; obige Erscheinungen des „Arbeitens“ treten dann nicht mehr auf. Damit wird der Zustand erfahrungsgemäß sehr kritisch; die Kohle muß wieder zum „Arbeiten“ gebracht werden, soll nicht größte Gefahr für den Eintritt eines Gebirgsschlages entstehen. Schon die Arbeit in Pausen ist ein solches Hilfsmittel, indem sich nach gewissem Stillstand der Arbeit die Zerklüftung wieder bildet, dem Abbau nachkommt. Man beschleunigt dies nun auch dadurch, daß man einen oder mehrere Schüsse in der Kohle abtut; meist nimmt man dabei dann zuerst den Stoß und Schall des Schusses wahr und einige Sekunden darauf erst den in dieser Form immer in harmloser Weise ausgelösten und verlaufenden Gebirgsschlag. Viel Material findet sich in der Regel hereingeworfen, meist „arbeitet“ die Kohle dann wieder.

Auch Spannungen im Sohlgestein werden derart oft künstlich durch tiefe Sprengschüsse, die mehr lockern, denn werfen, ausgelöst und die Gebirgsschläge dadurch gleichsam in statu nascendi unschädlich gemacht.

Der hier in Rede gestandene mittlere Teil der Grube, der vornehmlich Gebirgsschlägen ausgesetzt ist, deckt sich keineswegs mit jenem früher erwähnten mittleren Teil, in welchem beide Flöze bau-

würdig entwickelt sind; er umfaßt im Gegenteil zur Hälfte Flächen, wo nur das Großkohlföz allein bauwürdig vorhanden ist und abgebaut wird. In der gefährlichsten Zone mußte sogar das dort gänzlich unbauwürdige Kleinkohlföz herausgenommen werden, nur um das darunter befindliche Großkohlföz zu entspannen, damit es gefahrlos abgebaut werden konnte.

Am gefährlichsten sind selbstredend immer jene Situationen beim Abbaubetriebe, wo früher (beim Pfeilerbau) der Rückbau sich der Bremse näherte, oder jetzt (beim durchweg eingeführten Strebau) der Abbau an der Feldesgrenze gegen den alten Mann zu herandrückt. Diese führten einigemal zu den bösartigsten Katastrophen.

Unter den gleichen Verhältnissen befinden sich auch die sogenannten „Sicherheitspfeiler“ längs der Grundstrecken; im rings abgebauten Felde wurden sie zu einer ständigen Bedrohung der Grundstrecke, weil sie ein immerwährender Herd von Gebirgsschlägen waren, da diese zurückgelassenen, verhältnismäßig schwachen Kohlenpfeiler die schließliche Belastung nicht mehr aushielten. Baumgartner hat mehrere diesbezügliche Unfälle geschildert; sie haben sich noch öfters wiederholt. Zu einem neuerlichen katastrophalen Zusammenbruch kam es auf der Grundstrecke der III. Tiefbaushole im Bereiche der Bremse 2 Ost am 21. Januar 1910, wo diese Strecke unter gewaltigen Erschütterungen auf etwa 200 m Länge zusammengeworfen wurde; das dadurch hervorgerufene Erdbeben wurde auch noch auf der Münchner Erdbebenwarte sehr schön aufgezeichnet.

Als häufigste Begleiterscheinung dieser Gebirgsschläge zeigt sich die Firse durchgebogen oder auch die Sohle aufgeborsten.

Es wurde schon erwähnt, daß nicht immer die Kohle der von der Zerstörung heimgesuchte Teil war; auch spröde Gesteinsbänke wurden davon betroffen, die zum Beispiel beim Abbau mitgenommen werden mußten und daher vor Ort anstanden, sowie die bei dem vorhandenen Einfallen der Schichten im Dreieck nachgerissene Sohlbank, die manchmal allein zerquetscht und unter schußähnlicher Detonation hereingeworfen wurde. Auch beim Teufen des 735 m tiefen Klenzschachtes, der mit zirka 6·7 m das Flöz durchörterte, machte sich unterhalb des Flözes, insbesondere im Schachtfüllort, im Gestein derartige Gebirgsschläge höchst lästig, indem unter Krachen starke Schalen absprangen, was zu großer Vorsicht bei der Arbeit nötigte.

Auf eine nicht zu übersehende Eigentümlichkeit muß bei diesen Haushamer Gebirgsschlägen ferner noch hingewiesen werden. Die dortige Kohle enthält nur sehr wenig Schlagwetter, so daß die meisten Orte trotz Sicherheitsgeleuchte mit offenem Lichte befahren werden können. Gelegentlich solcher Gebirgsschläge nun und infolge der dabei vorkommenden Zermalmung der Kohle treten nicht selten Schlagwetter auf. Bei der Katastrophe vom 8. Juni 1892 waren sie sogar in sehr bedenklicher Menge bei den damals allerdings sehr reichlich ausgeworfenen Kohlenmengen frei geworden<sup>1)</sup>. Auch in anderen Fällen konnten sie konstatiert werden, so zum Beispiel bei einem größeren Gebirgsschlage im Abbaupfeiler 1 auf Gesenk I West unter der dritten

<sup>1)</sup> Vgl. die Schilderung bei Baumgartner a. a. O., pag. 477.

Tiefbausohle; daß sie nicht stets beobachtet werden, hat wohl seinen Grund in den verhältnismäßig geringen Gasmengen, die noch dazu durch den guten Wetterzug sofort verdünnt werden, zumal ja ein solcher Ort nach einem Gebirgsschlag, zu befürchtender Wiederholungen wegen, nicht sofort betreten wird.

Als auffallend muß es immerhin bezeichnet werden, daß selbst bei dem geringen Gasgehalt der Haushamer Kohle durch die Zersplitterung derselben infolge eines Gebirgsschlages verhältnismäßig so bedeutende Gasmengen entbunden werden können.

Nicht unerwähnt muß schließlich noch folgende, auch heute noch auftretende Erscheinung bleiben, über die auch Baumgartner<sup>1)</sup> schon berichtet. Die Kohle eines der beiden Flöze wurde herausgenommen, der entstandene Hohlraum verzimmert. Als dann das andere Flöz darüber oder darunter abgebaut wurde, fielen die Stempel der Zimmerung im erstgebauten Flöz um, die Öffnung war also weiter geworden. Es geht daraus hervor, daß das Hangende oder Liegende des erstgebauten Flözes gegen den neu entstandenen Hohlraum des zweitgebauten Flözes hinein ausgewichen war.

Wenn das zweitgebauete Flöz das untere war, war die Sache ja einwandfrei durch ein Nachsinken des stehengebliebenen, 6—9 m mächtigen Zwischenmittels infolge der Schwere zu erklären. Wurde dagegen das obere Flöz als zweites herausgenommen, so konnte nur ein Auftrieb von unten oder eine seitliche Pressung die Aufwölbung bewirkt haben. Es kann dies auf die „hydrostatische“ Wirkung der Schwerelast im Heimschen Sinne zurückgeführt werden, kann aber auch die Äußerung einer latenten orogenetischen Spannung sein.

Im ersteren Falle müßte es aber wohl allerdings überall in der Grube auftreten und nicht bloß lokal.

Eine weitere Begleiterscheinung dieser Haushamer Gebirgsschläge sind endlich die Erdbeben, die in ihrem Gefolge obertags oft auf beträchtliche Entfernungen wahrzunehmen sind. Erwähnt wurde schon das Erdbeben gelegentlich des Gebirgsschlages vom 21. Jänner 1910, das die Münchner Erdbebenwarte in einer Entfernung von etwa 55 km registrierte. Leider besteht diese Warte erst seit 1905, so daß man bezüglich der früheren stärkeren Beben nur auf zufällige Mitteilungen angewiesen ist. Nach Baumgartner war der Gebirgsschlag vom 8. Juni 1892 sowie jener vom 11. Jänner 1897 weithin auf mehrere Kilometer als Erdbeben fühlbar, so letzterer gegen Norden in Miesbach und Parsberg in 4 km, nach Südost in Schliersee in 2·5 km und nach Südwest in Tegernsee in 8 km Entfernung. Aus größeren Entfernungen fehlen Beobachtungen; zweifellos reichten die Wirkungen noch weiter. Sogar recht schwache und unbedeutende Schläge, wie einer vom 21. August 1912 und besonders ein solcher vom 12. Dezember 1912 wurden deutlich von der Nordsüdkomponente des Münchener Seismographen als Nahbeben aufgezeichnet (die Ost-Westkomponente wies nur Spuren auf)<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> A. a. O., pag. 492.

<sup>2)</sup> Zur genaueren Registrierung von Erschütterungen wurde übrigens im Einvernehmen mit der Münchener Erdbebenwarte kürzlich ein Seismograph nach Prof. Dr. Konrad in Hausham unterirdisch aufgestellt.

Aus dem über Hausham im Obigen Gesagten ergibt sich zunächst als Tatsache:

1. daß der ganze Westen der Grube von etwa 700 *m* westlich der Schächte bis zur heutigen westlichen Baugrenze in etwa 3 *km* Entfernung und bis zur heute erreichten Tiefe von 600 *m* nahezu druckfrei ist, d. h. kein wesentlich verstärkter Druck ist zu merken;

2. daß unmittelbar daran gegen Osten der druckhafteste Teil der Grube auf etwa 3·5 *km* streichende Länge sich anschließt. Auffallenderweise beginnt er gerade dort, wo oberhalb die Überwerfung des Südflügels sich einstellt. Gebirgsschläge treten in diesem Teil in gleicher Heftigkeit und Zahl von der Überkippungsregion in etwa 200—250 *m* Tiefe abwärts bis zu den heutigen tiefsten Abbauen in etwa 700 *m* Tiefe auf; wenigstens könnte man keine irgend in die Augen fallende Vermehrung gegen die Tiefe zu feststellen. Die aus dem letzteren Horizonte (—700 *m*) in dem aufgerichteten Südflügel bis in den horizontalen Teil der Muldenmitte etwa noch bis — 800 *m* vorgetriebenen Untersuchungsstrecken waren bis nun ohne alle jene Begleiterscheinungen — auch nicht jener der blähenden oder treibenden Gebirge —, welche sonst Strecken in diesem druckhaften und gebirgsschlaggefährlichen Teile der Grube zeigen, obzwar doch gerade hier der vertikale Druck der Schwerelast sich am günstigsten äußern könnte. Vielleicht läßt sich das Fehlen hier durch die tauben Einlagerungen im Flöz und dessen weichere Kohle erklären, wenn man dann allerdings wenigstens „treibendes“ oder „blähendes“ Gebirge erwarten könnte;

3. der weiter anschließende Osten der Grube zeigt Druckerscheinungen nur in weit vermindertem Maße; Gebirgsschläge sind hier nur wenig bekannt, obzwar die Abbaue auch hier schon bis zu 600 *m* Tiefe allseits vorgedrungen sind;

4. im Nordflügel, der allerdings Abbaue in größerem Umfange nur bis 250 *m* Tiefe hat und wo erst in jüngster Zeit solche in 500 *m* Tiefe begonnen wurden, hat sich bisher kein bemerkenswerter Druck gezeigt. Auch hier könnte das Gewicht der darüber lastenden Schichten gut zur Wirkung kommen. Die flachere Lagerung wäre nach Schmidt<sup>1)</sup> gerade geeignet, den Gebirgsdruck viel lebhafter und eher zur Äußerung kommen zu lassen als steil gestellte Schichten, wie sie der Südflügel führt.

Sollte nun — diese Tatsachen im Auge behalten — als Ursache die Schwerelast, das Gewicht der darüberliegenden Schichten allein in Anspruch genommen werden, so müßte wohl, besonders unter den sich gleich bleibenden Gesteinsverhältnissen des mittleren Teiles eine sehr merkliche Zunahme ihrer Wirkungen nach der Tiefe zu wahrzunehmen sein, da ja die Tiefe der Baue von der Überkippungsstelle nach abwärts sich allmählich verdreifacht, insbesondere wenn man dabei berücksichtigt, daß, den vorkommenden Gebirgsschlägen entsprechend, das betreffende Material bereits oben bis zur Grenze seiner Festigkeit beansprucht sein muß.

<sup>1)</sup> A. a. O., pag. 84.

Ähnliches müßte auch im Osten der Fall sein; im Westen könnte man ja annehmen, daß die Gesteinsbeschaffenheit nicht danach ist, um bis 600 m Tiefe schon Druckerscheinungen zu bringen.

Es scheint daher, daß mit der Schwerelast oder mit ihr allein die hier in Hausham auftretenden Erscheinungen nicht befriedigend und restlos zu erklären sind; es scheint da wohl nebst dieser natürlich stets bis zu gewissem Grade wirksamen Last der überlagernden Schichten schon auch noch — und zwar in erster Linie — auf Spannungen zurückgegriffen werden zu müssen, die für die vorliegenden Außerungen ihren Sitz sichtlich in dem überworfenen Bogen des Südflügels haben, dessen Entstehung natürlich wieder auf einen seitlichen Gebirgsdruck zurückzuführen ist, der stauchend und faltend und überschiebend im übrigen hier ja Arbeit genug geleistet hat und nach vielfachen Anschauungen auch heute noch fortgesetzt leisten soll.

Schmidt meint: „Der faktische Beweis für das Vorhandensein derartiger Energiereste wäre gegeben, wenn ceteris paribus (petrographische Natur, Lagerung, Überlastung) tektonisch stärker gestörte Gebiete stärkeren Sohlauftrieb und stärkeres Zusammengehen der Ulne einerseits, energischere Bergschläge andererseits zeigen würden, als relativ normal liegende“<sup>1)</sup>.

Dies scheint mir gerade auf den mittleren Teil unseres Südflügels gegenüber dem Westen und Osten sowie dem Nordflügel anwendbar zu sein.

Zwar sagt auch Heim<sup>2)</sup> diesbezüglich: „Solche Gebirgsspannungen“ (d. h. obige Energiereste) „müßten sich in ganz anderer Art äußern, vor allem hätten diese keinen Grund, ihre allfälligen Abschälungen parallel den Stollenwandungen zu legen, dagegen könnte dadurch etwa ein Abscheren in irgendeiner Richtung entstehen.“ Ich muß jedoch gestehen, es ist mir nicht ganz klar geworden, was damit gemeint sein soll, denn schließlich muß sich überdies jeder Druck, wenn er vorhanden ist und insbesondere nach Heim flüssigkeitsähnlich wirkt, im großen und ganzen gleich äußern. Allerdings ist wieder zu berücksichtigen, daß dies in erster Linie wieder für Tunnel, daher für Gebirgsschichten oberhalb der Talsohle gesagt ist, von Heim selbst daher nach den früheren Ausführungen für die Tiefe vielleicht in etwas anderer Weise aufgefaßt wird.

Für unseren praktischen Gebrauch und für die raschere Verdeutlichung im folgenden möchte ich die einschlägigen Phänomene in folgende zwei Hauptkategorien einteilen, wobei nur zu bemerken ist, daß der Unterschied nur ein gradueller ist und durch die Tatsache herbeigeführt wird, daß, sofern die Schwerelast mit der Tiefe wirksam würde, wohl die meisten unserer Bergbaue noch nicht in solche Tiefen gedrunken sind, um an und für sich die Gebirgsfestigkeit der gewöhnlich vorkommenden Gesteine zu erreichen oder zu überschreiten. Nur die oft sehr spröde, dagegen im allgemeinen nicht

<sup>1)</sup> A. a. O., pag. 87.

<sup>2)</sup> Heim, Nochmals über Tunnelbau etc. 1908, pag. 38.

sehr druckfeste Kohle dürfte da vielleicht zuweilen eine Ausnahme machen und leichter an die Grenze der Gebirgs- oder Gesteinsfestigkeit kommen.

Wir hätten demnach zu unterscheiden:

1. Der Gebirgsdruck — gleichgültig welcher Ursache — bleibt ziemlich weit unter der Druckfestigkeit der Gesteine (der Gebirgsfestigkeit), wobei weiter auseinanderzuhalten wäre:

a) etwa vorkommende weiche Gesteine werden sich je nach dem Grade ihrer Konsistenz bereits treibend oder blähend zeigen,

b) harte, feste Gesteine werden standhaft bleiben und keinerlei Druckercheinungen erkennen lassen.

In der Penzberger Mulde, die gleichfalls dem oberbayrischen Kohlenrevier angehört, zwar stark zusammengefaltet ist, doch keinen dem Haushamer ähnlichen Druck aufweist, sinkt der Südflügel widersinnig steil und gradlinig zur Tiefe. Nach einer scharfen Muldung steigt dann der Nordflügel in ziemlich flacher Lagerung wieder empor. Ein Querschlag in 200 m Tiefe traf in der erwähnten Muldenspitze unmittelbar in der First gerade eine weiche Lettenschicht. Wie ein Keil lasteten daher die jüngeren Schichten der Mulde darauf. Wenn nun durch ein Loch in der First dieser Letten in den Querschlag gepreßt wurde, und zwar mit solcher Gewalt — Wurstpresse nannten es bezeichnenderweise die Arbeiter — daß diese Stelle des Querschlages nicht zu halten war, abgemauert und durch einen Umbruch umgangen werden mußte, so ist dies ein charakteristisches Beispiel der Äußerung der bloßen Gebirgslast auf eine weiche Gesteinsschicht. Wenn sonst als ungemein häufige Erscheinung in — besonders jüngeren — Kohlenrevieren die verhältnismäßig weichen Schiefertone der Sohle, zum Beispiel bei horizontaler Lagerung, blähend ständig in die Strecke wachsen und diese ohne immerwährende Reparatur endlich vollständig zuschließen würden, oft in ganz geringen Tiefen, so ist dies gleichfalls der sonst vielleicht noch lange nicht zum Ausdruck kommende Druck der hangenden Gebirgslast<sup>1)</sup>.

In verhältnismäßig geringen und natürlich nach der Gesteinsbeschaffenheit — und zwar sowohl der gedrückten wie der drückenden — wechselnden Tiefen genügt aber der durch die Schwere hervorgerufene Gebirgsdruck, um die Konsistenz weicher Materialien (Letten, Schiefertone, weiche Kohle u. dgl.) zu überwinden und nach der Entlastungsstelle — hier der Stollen — zu drängen: treibendes oder blähendes Gebirge. — Härtere und festere Gesteine bleiben selbst für längere Zeiträume standhaft; es müßte denn sein, daß sie durch lebhaftere Zerklüftung, Verwitterung oder Lockerung ihrer Festigkeit aus anderen Gründen dazu kommen, unter die Gesteine ersterer Art eingereicht zu werden und dann ähnlich diesen sich zu verhalten. Natürlich gibt es Übergänge aller Art.

<sup>1)</sup> Vgl. zum Beispiel die Ausführungen und Zeichnungen von Dr. Nieß in der Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen i. preuß. St., 1900, Bd. 58, pag. 420 u. f.

c) Nur wenn aus irgend welchem Grunde Pfeiler festeren, normal ganz standfesten Gesteines, z. B. Kohle, von Abbauen umgeben, stehen bleiben, (auch freistehende Abbaustöße können es sein), das Dach fest ist und über den abgekohlten Räumen nicht sogleich zusammenbricht, muß es geschehen, daß der Gesamtdruck des Daches, der früher ja auf eine vielfach größere Fläche verteilt war, auf diesen stehengebliebenen Pfeiler oder den Abbaustoß konzentriert wird; der Druck auf die Flächeneinheit wird hier daher künstlich vermehrt, vervielfacht, bis er unter Umständen groß genug ist, die spezifische Druckfestigkeit des Pfeilergesteines oder des schwächsten Teiles derselben zu überwinden, und durch plötzliche Zermalmung derselben unter Krachen und schweren Erschütterungen und gegebenenfalls auch unter Freimachung großer Schlagwettermengen aus der plötzlich zerkleinerten Kohle einen Gebirgsschlag hervorzurufen.

Man sieht, es beruht dies auf künstlich geschaffener, einfacher Überlastung, daher auf keinem eigentlich tektonischen Vorgang, höchstens kann man einen solchen mitheranziehen, wenn das ganze Geschehnis durch vorhandene Verwerfungen oder sonstige Störungen vorbereitet und befördert wird, sofern dadurch die lastende Decke günstiger und einseitlicher zur Wirkung kommt.

Es gehören zu dieser Gruppe daher die meisten Gebirgsschläge dieser Art, die aus Flözen, insbesondere beim Abbau bekannt geworden sind. Ich möchte diese Art von Gebirgsschlägen Pfeilerbrüche nennen.

2. Die Gebirgsspannung ist nahe der Druckfestigkeit der Gesteine (der Gebirgsfestigkeit) oder dieselbe erreichend;

a) bei weichem Gestein wird sich das Treiben und Blähen in immer verstärkterem Maße zeigen;

b) harte, spröde Gesteine werden schlagend werden; häufige Gebirgsschläge als normale Erscheinung;

c) Überlastungen durch zu weit freistehendes Hangend auf zu klein gewordene Pfeiler werden sich mit ihren Wirkungen (Pfeilerbrüchen) hier entsprechend früher einstellen.

Je tiefer die Grubenbaue zum Beispiel, die sonst zu 1) gehören, werden, desto stärker wird sich sicherlich — theoretisch wenigstens — das Gewicht der auflastenden Schichten geltend machen, desto mehr werden sie sich im allgemeinen den Fällen von 2) nähern. Doch scheint, daß dies durch die Tiefe, das heißt durch die Schwerelast allein bei den heutigen Bergbauen nur ausnahmsweise erreicht wird; der große Druck der Fälle unter 2) dürfte vielmehr in erster Linie auf noch andere Kräfte, zum Beispiel eben jenen seitlichen Schub als die Fortwirkung der gebirgsbildenden Energien oder deren Reste, auf petrographische Ursachen, oder drgl. zurückzuführen sein.

Diese zweite Gruppe wird daher von jenen Vorkommnissen gebildet, wo von allem Anfang an, schon im unverritzten Gebirge, die Pressung — unabhängig von der Ursache — eine so große ist, daß durch diese an für sich schon der Druck auf die Flächeneinheit der spezifischen Gebirgsfestigkeit nahe kommt oder sie sogar

überschreitet. Wenn nun in diesem unter derartigen Druck stehenden Gestein irgendeine künstliche Höhlung geschaffen wird, so trachtet sich diese Pressung in den Hohlraum hinein — infolge der Wegnahme des Gegendruckes — zu entspannen und es zeigen sich an den Wänden im festen, spröden Gestein allüberall die schon vielfach geschilderten, meist unter allerlei Lautäußerungen vor sich gehenden Zerknisterungen, Ablösungen oder Absprengungen, unter Umständen jene gefürchteten Gebirgsschläge, wie sie soeben, als auch in geringeren Tiefen durch künstliche Mittel hervorgerufen, geschildert wurden.

Bei der verderblichen Wirkung dieser Ereignisse kann es nicht Wunder nehmen, wenn sie schon seit längerer Zeit auch in der Literatur lebhaft Beachtung gefunden haben; zuerst, soviel bekannt, in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts aus Steinbrüchen und Tunneln in Nordamerika, dann aus englischen Gruben, in Deutschland aus Oberschlesien und Westfalen.

Um die Jahrhundertwende mehren sich die Angaben ganz außerordentlich und fließen nun von Jahr zu Jahr verstärkt aus allen Weltteilen herbei, so daß sich seither bereits eine ganze Literatur darüber gebildet hat. 1905, 1906, 1907 und 1909 hat Hankar-Urban gelegentlich der interessanten und eingehenden Beschreibung der Gebirgsschlagerscheinungen in seinen belgischen Porphyrbüchen einen großen Teil derselben zusammengestellt (a. a. O.), ebenso 1907 C. Schmidt<sup>1)</sup> anläßlich der Besprechung der Gebirgsschläge und Druckäußerungen im Simplontunnel; auch Rzehak hat bezügliche Literaturerscheinungen in der Zeitschrift für praktische Geologie 1906 bis 1908 und 1910 gesammelt, ebenso R. Hoernes 1907 in der Laibacher „Erdbebenwarte“ besprochen.

Von erfahrenen Beobachtern führte schon Niles 1870 diese Erscheinungen (in nordamerikanischen Steinbrüchen) auf lateralen Druck zurück und 1900 gab Baumgartner die gebirgsbildenden Kräfte, welche auch die Haushamer Kohlenmulde zusammenschoben, im Einklange mit den allgemeinen Anschauungen an Ort und Stelle als Ursache an. Auch Hankar-Urban bezeichnet für Quenast 1905 die gleichen seitlichen Kräfte als wirksam. Eine eingehende Durcharbeitung finden diese Fragen an der Hand des außerordentlich reichen Erfahrungsmateriales der großen Schweizer Gebirgstunnele in den an den Bau anschließenden Kontroversen, insbesondere Heims, Schmidts, und in jüngster Zeit erst sehen wir wieder Prof. E. Sueß<sup>2)</sup>, sich mit ihnen und zusammenhängenden Fragen der Gebirgsbildung beschäftigen.

Es soll im folgenden unter den durch Veröffentlichungen bekannt gewordenen Fällen von Gebirgsspannungen und deren Äußerungen Umschau gehalten und geprüft werden, auf welche Ursachen

<sup>1)</sup> C. Schmidt, Untersuchungen über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel. Gutachten, abgegeben an die Generaldirektion der Schweizer Bundesbahnen. Bern, 1907. — Später in erweiterter Form in dem zitierten Rektoratsprogramm, 1908.

<sup>2)</sup> E. Sueß, Über Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft. Mitteilungen der Geol. Gesellschaft, Wien, Bd. VI, 191<sup>3</sup>.

sie zurückgeführt werden können, und gegebenenfalls, wie sie sich zu der oben aufgestellten Gruppierung verhalten.

Aus deutschen Bergbauen dürften die ersten Berichte über hier einschlägige Vorkommnisse auf A. v. Lasaulx<sup>1)</sup> zurückzuführen sein. Er macht Mitteilung über einen im Sommer des Jahres 1875 erfolgten plötzlichen Einsturz der abgebauten Glocken des zur Königsgrube gehörigen Krugschachtes zu Kattowitz in Oberschlesien. Das Hangende der über vier Lachter mächtigen, abgebauten Flöze scheint länger ausgehalten zu haben und dann plötzlich zusammengebrochen zu sein; die näheren Vorgänge hierbei in der Grube und ihre Vorbedingungen sind dem Berichte allerdings nicht zu entnehmen. Ein sehr heftiges Erdbeben war aber die Folge. Im späteren soll übrigens noch darauf zurückgekommen werden.

Fernere Angaben rühren von L. Cremer<sup>2)</sup> her, wenn man von alten Berichten, wie von dem von B. Baumgärtel<sup>3)</sup> vom Rammelsberg bei Goslar aus dem Jahre 1795 mitgeteilten, vorläufig absieht. Cremer beschreibt drei Erdbeben, vom Jahre 1876, 1880 und 1883, die in den westlichen Stadtteilen von Dortmund wahrgenommen worden waren, die er möglicherweise auf Einsturzbeben unterirdischer Hohlräume, entstanden durch abgebaute Pfeiler, zurückführen zu können glaubt, wobei er als verursachend damals schon die liegenden Flöze der dortigen Zechen ver. Westfalia und Tremonia vom Flöz Sonnenschein aufwärts im Auge hat.

Eine eingehende Darstellung und Besprechung einer Reihe von Gebirgsschlägen aus dem gleichen Revier wurde 1903 von Dill<sup>4)</sup> geliefert. „Unter schußartigem Knall und starkem Luftdruck platzen die Kohlenstöße auseinander und werfen die Kohlenmassen — meist fein zerkleinert — weit in die Strecken hinein, das Liegende wölbt sich mit heftigem Ruck auf, die Zimmerung wird umgeworfen.“ Nachträglich „findet man das Hangende gewöhnlich unversehrt, den Kohlenstoß an einer oder mehreren Stellen aufgeklafft und hin und wieder eine starke Schlagwetteransammlung“. „Eigentümlich für diese Erdererschütterungen ist, daß sie im allgemeinen nur dort auftreten, wo die betroffenen Bauabteilungen sich in unmittelbarer Nähe vom alten Mann befinden oder gar inselartig von ihm umringt sind, wo ein schwunghafter Abbau mit ungenügendem oder ganz ohne Versatz geführt worden ist, und wo die Flöze ein äußerst gesundes und kräftiges Hangend haben, welches nur schwer zu Bruche geht.“ „Dasjenige Flöz, welches

<sup>1)</sup> A. v. Lasaulx, Die Erdbeben. In Kenngott, Handwörterb. d. Min., Geol. u. Pal., Breslau, 1882, Bd. I, pag. 301. — Allerdings soll sich in der „Zeitschr. d. Oberschles. berg- u. hüttenm. Ver. in Kattowitz“ bereits 1875 eine Mitteilung über die Einsturzkatastrophe im Krugschachte befinden, welcher Jahrgang mir jedoch nicht erreichbar war.

<sup>2)</sup> Leo Cremer, Erdbeben und Bergbau. „Glückauf“, Essen, 31. Jahrg. 1896, pag. 367.

<sup>3)</sup> B. Baumgärtel, Über einen vor längerer Zeit beobachteten Bergschlag im Erzlager des Rammelsberges bei Goslar. Zeitschr. f. prakt. Geol., Bd. XXI, 1913, pag. 467.

<sup>4)</sup> Dill, Die in den letzten Jahren auf Steinkohlengruben des Oberbergamtsbez. Dortmund vorgekommenen Gebirgstöße etc. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. in preuß. St., Bd. 51, 1903, pag. 439.

diese Bedingungen erfüllte und daher Jahre hindurch sich als der einzige Gefahrenträger erwies, war das Flöz Sonnenschein. Erst in jüngster Zeit haben sich zwei andere Flöze, das Flöz Bismarck der Gasflammkohlenpartie und das Flöz F'inefrau der oberen Magerkohlenpartie hinzugereiht.“

Die geschilderten Ereignisse sind geradezu typisch für unsere Gruppe 1 c. Es ist nicht anzunehmen, wenigstens deutet absolut nichts darauf hin, daß irgendwelche vorbestehende Spannungen vorhanden waren. Durch den äußerst lebhaften und raschen Abbau, wie er betont wird, wurde der Druck des sehr festen und guten Hangenden — beziehungsweise ist immer von einem bestimmten Niveau die Rede — auf immer kleinere Kohlenpfeiler übertragen, der Druck auf die Flächen-einheit wuchs hier daher ständig, überschritt endlich stellenweise die spezifische Gebirgsfestigkeit der Kohle und die Auslösung mit allen ihren charakteristischen Eigentümlichkeiten trat ein. Es ist dies also ein Vorgang, der mit Tektonik nichts zu tun hat, höchstens daß durch vorhandene Sprünge eine Unterstützung desselben stellenweise eintreten mochte.

Hingewiesen sei dabei nur noch auf die mit diesen Pfeilerbrüchen, Gebirgsschlägen im allgemeinen, häufig freiwerdenden großen Gas-mengen, auf die auch Broockmann<sup>1)</sup> in dem großen Sammelwerk über den westfälischen Bergbau 1903 an einer Stelle aufmerksam macht. Was er hier aus Flöz Röttgersbank der Zeche Dannenbaum, Schacht I, beim Pfeilerrückbau beschreibt, sind charakteristische Pfeilerbrüche mit großer Schlagwetterentwicklung.

Über einen im Sommer 1910 auf der Zeche Consolidation aufgetretenen Gebirgsschlag, und zwar wiederum im Flöz Sonnenschein, macht Rumberg<sup>2)</sup> ausführliche Mitteilung; auch hier betraf es wieder eine Bauabteilung umgeben vom alten Mann, auch hier die zermalmt hereingeworfene Kohle, das unbeschädigt gebliebene sehr feste Hangende (und Liegende), auch das Auftreten von großen Schlagwettermengen in einem vor dem Gebirgsschlag vollständig schlagwetterfreien Flöz, sowie eines Erdbebens, das übertags gefühlt wurde. Der als Ursache angegebenen Erklärung dürfte aber vielleicht nicht beizustimmen sein; auch hier wird ganz augenscheinlich der Druck des nachsitzenden festen Hangenden auf zurückgebliebene, zu schwach gewordene Kohlenpfeiler schließlich die Festigkeit der letzteren überschritten und dadurch den Gebirgsschlag, beziehungsweise Pfeilerbruch hervorgerufen haben.

Recht wahrscheinlich muß es nach Hollenders<sup>3)</sup> eingehender Darstellung bezeichnet werden, daß auch das große Unglück auf Radbod vom Jahre 1908 primär auf einen Gebirgsschlag zurückzu-

<sup>1)</sup> Die Entwicklung des niederrhein.-westfäl. Steinkohlenbergbaues in der zweiten Hälfte des 19. Jahrh., 1903, VI. Bd., Wetterwirtschaft, pag. 102.

<sup>2)</sup> Rumberg, Der Gebirgsschlag auf der Schachtanlage III/IV der Zeche Consolidation am 10. Juni 1910. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. im preuß. St., 1911, pag. 68.

<sup>3)</sup> Hollender, Die Explosion auf der Steinkohlengrube Radbod I/II bei Hamm in W. am 12. November 1908. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. im preuß. St., Bd. 59, 1911, Hft. 5 und „Glückauf“, 48. Jahrg., 1912, Nr. 5.

führen ist („Glückauf“, 1912, pag. 265). Das Hangende des Unglücksflözes 3 war sehr fest und gut, und es „wird sich also das Gebirge trotz des Abbaues recht lange gehalten haben, bis endlich der Zeitpunkt eintrat, wo das Gebirge, bis die Spannung zu groß wurde, zusammenbrach“. Die Schlagwetter in den Klüften und wahrscheinlich dem oder den Flözen wurden plötzlich in größter Menge — ähnlich wie auf Consolidation soeben geschildert — frei. Auch wurde ja festgestellt, daß die Grundstrecke von Flöz 3 der II. Sohle auf längere Erstreckung stark gehoben und in einem ganzen Klüftesystem aufgeborsten war, wie dies als Folgen solcher Gebirgsschläge auch anderswo in die Erscheinung trat.

Hier anschließend sei auch gleich des „Berichtes der nach Nordfrankreich und Belgien entsandten Mitglieder der Stein- und Kohlenfallkommission“<sup>1)</sup> Erwähnung getan, da er für unsere Zwecke interessante Momente enthält. Im allgemeinen wird zwar auffallenderweise über wenig Druck, auch an den Abbauörtern, berichtet, obwohl das Hangende außerordentlich fest ist. Nur gering seien daher die Bewegungen, welche durch den Abbau in demselben hervorgerufen würden. Allerdings ist dem gegenüberzuhalten, daß Demanet<sup>2)</sup> genug von sehr großem, ja „ganz unglaublichem“ Druck berichtet, der zum Beispiel im Serainger Becken Eichstämmen von 20 cm über einen Tag förmlich zersplittert oder nach einer Schicht Strecken so zusammendrückt, daß 2—3 m rückwärts vom Stoß nicht mehr durchzukommen ist.

Eine Eigentümlichkeit dieser Gruben sind bekanntlich jene plötzlichen Gasausbrüche, die „dégagements instantanés“. Nach Demanets Beschreibung (a. a. O., pag. 52) wird dabei „infolge der Gewalt der losgeschleuderte Kohlenstoß in feinsten Staub zermalen und vom Gasstrom mitgeführt“. In einem Falle „folgte dieser Staubwolke eine große Masse zerkleinerter, gleichsam gesiebter Kohle, welche die Strecke fast 30 m zuschüttete und ein Volumen von 175 cm<sup>3</sup> ergab“. (Ausbruch am 3. Januar 1865 auf Midi de Dour; bei anderen Gelegenheiten wurden sogar noch viel größere Kohlenmengen herausgeschleudert.)

Und die Steinfallkommission berichtet weiter: „daß Kohlenwasserstoffgase eine Zerreißen des Gebirges bewirken, wurde auf den belgischen Gruben verschiedentlich behauptet. So wurde auf Grand Hornu angeführt, daß durch plötzliche Schlagwetterausbrüche der Kohlenstoß hereingeworfen oder mit knisterndem Geräusch abgedrückt werde. Auch glaubt man daselbst beim Abbau nahe übereinander liegender Flöze ermittelt zu haben, daß der nachfolgende Abbau eines tieferen Flözes schwieriger wird, sobald die Kohlenwasserstoffgase Gelegenheit gehabt haben, in die Hohlräume des höher liegenden Abbaues zu entweichen.“ „Von der Zunahme des Druckes mit der Teufe der Baue konnten sichtbare Beweise nicht erbracht werden“<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Die Verhandlungen und Untersuchungen der preuß. Steiu- und Kohlenfallkommission. Hft. 5, 1902, pag. 425.

<sup>2)</sup> Ch. Demanet, Der Betrieb der Steinkohlenbergwerke. 2. Aufl. Deutsch v. Dr. Kohlmann u. Grahn. Braunschweig, 1905, pag. 368 u. ff.

<sup>3)</sup> A. a. O., pag. 425.

Sollten bei dieser Standfestigkeit des Hangenden, diesem — wenigstens lokal — heftigen Druck, bei dieser ganz auffallenden Übereinstimmung der Äußerungen dieser „dégagements instantanés“ mit unseren Gebirgsschlägen, wie sie insbesondere unter 1 c beschrieben wurden, die auch schon Dill (a. a. O., pag. 464) auffällt, jene dégagements instantanés nicht doch zum Teil wenigstens auf solche Gebirgsschläge zurückzuführen sein? Sollte das, was oben über das Verhältnis zweier nahe beieinander liegenden Flöze beim aufeinanderfolgenden Abbau von der Kommission mitgeteilt wird, nicht vielleicht dem entsprechen, was als Folge des Druckes bei unseren Haushamer Flözen erkannt wurde? Es ist jedenfalls auffallend ähnlich. Das Hartwerden des später zum Abbau gelangenden Flözes wird dort nur der Entgasung in den Abbauraum des vorher abgebauten Flözes zugeschrieben, während es bei uns die Entlastung vom Drucke bewirkt. (Vgl. auch Demanet, a. a. O., pag. 367.)

In ausführlichster Weise werden diese plötzlichen Gasausbrüche in verschiedenen außerdeutschen Grubenrevieren in zwei größeren Aufsätzen behandelt, die Schausten und Bracht<sup>1)</sup> auf Veranlassung des preußischen Ministers für Handel und Gewerbe veröffentlicht haben, denen noch im amtlichen Auftrage angefertigte Beschreibungen der bisher beim Steinkohlenbergbau im Ruhrbezirk und bei Saarbrücken beobachteten Fälle angeschlossen sind.

Bald darauf fanden sie auch in W. Schulz<sup>2)</sup> einen eingehenden Darsteller. Auch er weist dem Druck dabei eine nicht untergeordnete Rolle zu (a. a. O., pag. 105).

Gasausbrüche wurden bisher fast immer ziemlich getrennt von Gebirgsschlägen behandelt; nach den bisher maßgebenden Anschauungen von Arnould<sup>3)</sup> sind ihre Ursachen ausschließlich in den unter hoher Spannung in den Poren der Kohle, unter Umständen sogar in flüssigem Zustande, befindlichen Grubengasen zu suchen.

Eine Grenze zwischen Gasausbrüchen und Gebirgsschlägen läßt sich jedoch augenscheinlich nicht gut ziehen. Beiden liegen sichtlich die Äußerungen zweier Agentien zugrunde, die wohl beide getrennt, aber auch beide in verschiedenster Stärke zusammenwirkend auftreten können: der Gebirgsdruck, wie wir ihn früher in verschiedener Form kennen lernten, und der Gasdruck in hiezu disponierten Flözen. Die Kohlenflöze entwickeln ja fast alle mehr oder weniger Gase; oft ist ihre Menge nahezu gleich Null, oft hinwiederum so groß, daß sie sich, insbesondere bei undurchlässigem Nebengestein, unter hohem Druck im Flöze (oder auch im Nebengestein) ansammeln.

Es liegt nun im Bereiche der Möglichkeit, daß die Gase bei solchen stark zusammengepreßten Anreicherungen allein, aber mit Vehemenz in die Grubenräume austreten können, wobei sie auch starke

<sup>1)</sup> Gasausbrüche beim Steinkohlenbergbau. A. Schausten, Gasausbrüche beim ausländischen Steinkohlenbergbau, und B. Bracht, Grubengasausbrüche in Belgien. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. im preuß. St., Bd. 58, 1910, pag. 1 u. 24.

<sup>2)</sup> W. Schulz, Die plötzlichen Gasausbrüche in den belgischen Kohlenruben während der Jahre 1892—1908. „Glückauf“. Essen 1912, pag. 60.

<sup>3)</sup> Arnould, Etude sur les dégagements instantanés de grisou dans les mines de houille du bassin Belge. Ann. trav. publ. de Belgique 1860, pag. 1 u. 419.

mechanische Wirkungen wie Zersprengen, Fortschleudern der Kohle oder des Gesteines in wechselndem Umfange hervorzubringen imstande sind.

Kombiniert sich jedoch dieser Gasdruck, wie das häufig genug vorkommt, mit heftigem Gebirgsdruck, der die Kohle (oder sogar auch das Nebengestein) in den früher öfter beschriebenen Zustand äußerster, bis an die Grenze der Gebirgsfestigkeit gehenden Spannung bringt, so muß beim erfolgenden Gebirgsschlag die zermalmete Kohle auch ungeheure Gasmengen entbinden. Man kennt solche Gebirgsschläge mit heftiger Schlagwetterentwicklung, man weiß auch, daß die meisten Gasausbrüche von starken, oft sogar ganz außerordentlich starken — mehrere 100, ja 1000 t — Auswürfen von Kohle begleitet wurden.

Die zahlreichen und heftigen Gasausbrüche von Reschitzta im Banat erklärt Becker<sup>1)</sup> geradezu in erster Linie und primär durch den Gebirgsdruck bewirkt, „während den Gasen eigentlich die Nebenrolle eines das Zustandekommen des Phänomens befördernden Agens zukommt“. Durch das in den Streckenraum zufolge des Gebirgsdruckes hereingebogene Hangend und Liegend sollen diese den Kohlenstoß vor Ort zusammenpressen, wodurch einerseits die gewöhnliche Gebirgsdruckspannung in ihm entsteht und die Kohle zuweilen herausgequetscht wird. Ein Teil der ohnedies bereits in verdichtetem und daher gepreßtem Zustande befindlichen Gase wird nach ihm dadurch andererseits in das Innere des Pfeilers gedrängt, hier eine Zone größter Pressung hervorrufend, die mit dem Fortschreiten der Strecke auch vor sich hergeschoben wird. Vor Verdrückungen kann sie nicht mehr weiter, die Pressung steigt und unter Umständen erfolgt die Explosion des Kohlenstosses mit allen geschilderten Begleiterscheinungen.

Auch Demanet spricht, wie erwähnt, von den überaus heftigen Druckerscheinungen in vielen belgischen Gruben; ebenso führt nach Harzé der Direktor der Grube Dour, Hequet's, die Gasausbrüche auf den durch die Grubenbaue hervorgerufenen Gebirgsdruck zurück<sup>2)</sup>. Daß Gasausbrüche mit letzterem in gewissem Zusammenhange stehen, darauf weist die allgemein konstatierte Tatsache hin (Arnould, Roberti-Lintermans<sup>3)</sup>, Becker, Schausten), daß dieselben mit der Tiefe an Heftigkeit und Stärke rasch zunehmen, ja zum Teil der Tiefe erst eigentümlich sind. Es ist dies allerdings gewiß auch der hier immer mehr behinderten Entgasung zuzuschreiben. Vor Eintreten solcher Gasausbrüche werden ferner bezeichnenderweise fast stets Knalle, oft mehrere und längere Zeit hindurch gehört, was doch

<sup>1)</sup> A. Becker, Zur Theorie der plötzlichen Gasausbrüche. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 55. Jahrg., 1907, pag. 269. — Vgl. auch: H. Haslacher, „Glückauf“, 45. Jahrg., 1909, pag. 262, sowie eine während der Korrektur dieses erschienenen Abhandlung von Dr. K. A. Weber, Der Kohlenbergbau von Anina und Reschitzta unter besonderer Berücksichtigung der Gasausbrüche auf der Domangrube. „Glückauf“, Essen 1914, 50. Jahrg., pag. 701.

<sup>2)</sup> E. Harzé, Des mesures a prendre en vue des dégagements instantanés de grisou. Ann. trav. publ. T. 43, Brüssel 1885, pag. 11. — Auch die weiteren Darstellungen Harzéis sind bezüglich Gasausbrüchen von großem Interesse.

<sup>3)</sup> Roberti-Lintermans, Les dégagements instantanés de grisou dans les mines de houille de Belgique. Annales des travaux publics de Belgique, 1895, pag. 75.

wohl Spannungsauslösungen im Gebirge durch Bruch vermuten läßt. Dazu müssen aber notwendigerweise erst heftige, die Festigkeit überschreitende Spannungen vorhanden sein. Auch daß sie mit Vorliebe in der Nähe von Gebirgsstörungen, von Schichtenbiegungen, Sätteln u. dgl., also von sicheren Schauplätzen früherer Druckäußerungen, deren Reste aber noch vorhanden sein können, auftreten, deutet vielleicht auf Ursachen in der gleichen Richtung hin.

Daß diese hohen und höchsten Gasspannungen anscheinend oft genug „nesterweise“ vorkommen, mag sich in Wirklichkeit so verhalten — mir fehlen darüber persönliche Erfahrungen — und dann mit wechselnden Eigentümlichkeiten — organischen oder physikalischen — der sie bildenden Kohle oder selbst des Nebengesteins zusammenhängen; oder ihre stellenweisen Ausbrüche und Explosionen (aus diesen schließt man ja nur auf stellenweise gesteigertes Vorkommen und gesteigerten Gasdruck) sind eben auf eine lokale Kombination mit heftigem Gebirgsdruck zurückzuführen. Wäre das „nesterweise“ Auftreten einwandfrei konstatiert, so kann dies natürlich durch letzteres nur noch mehr verstärkt und dem kritischen Punkte rascher zugeführt werden.

Daß auch in Klüften und sonstigen Hohlräumen im Nebengestein stark komprimiert vorkommendes Grubengas durch Gebirgsschläge — gewiß auch ohne solche durch die Grubenarbeiten — frei werden kann, ist selbstredend; es wurde darauf bei Erwähnung der Radbodkatastrophe bereits hingewiesen.

Wir sehen daher Gebirgsschläge (besonders Pfeilerbrüche) von Gasausbrüchen begleitet sein. Da es sich dabei aber um zwei ganz verschiedene Ursachen handelt, die vollkommen unabhängig voneinander sich entwickeln und je vom geringsten bis zum höchsten Grade vorhanden sein können, wird natürlich auch ihr Auftreten und ihre Kombinierung eine sehr verschiedene sein. Es gibt Gebirgsschläge in Kohle fast ohne Auftreten von größeren Gasmengen, wenigstens wird hierüber nichts berichtet. In nicht ins Auge fallender Weise mögen sie immerhin vorhanden sein. Es werden anderseits auch häufig Gasausbrüche ohne besondere Druckerscheinungen beschrieben, so, wie erwähnt, in Belgien und dem östlichsten Ruhrgebiet (Zechen Werne und Maximilian bei Hamm<sup>1)</sup>), von der Saar, die aber meist alle mit Herausschleudern großer Mengen zermalmtor Kohle verbunden waren. Weitere Beobachtungen werden über deren Natur wohl noch erst volle Klarheit verschaffen müssen.

Daran anschließend muß auch der Ausbrüche von Kohlen- säure Erwähnung geschehen, die bisher zwar nur an wenigen Punkten beobachtet wurden, immerhin aber unter ähnlichen Erscheinungen vor sich gehen: Im Ostwaldenburger Revier des niederschlesischen Kohlenbeckens und im Kohlengbiet des Departements Gard in Süd-

<sup>1)</sup> Gasausbrüche beim Steinkohlenbergbau. Zeitschr. f. d. B., H. u. S. im preuß. St., Bd. 58, 1910, pag. 41 (für den Saarbezirk, pag. 44). — Hollender, Der Gasausbruch auf der Zeche Maximilian bei Hamm am 11. April 1910. Ebenda, Bd. 59, 1911, pag. 62.

frankreich<sup>1)</sup>. In Niederschlesien sind die von diesen Ausbrüchen herbeigeführten mechanischen Wirkungen meist recht unbedeutend, nur sehr große Gasmengen — bis 5000 m<sup>3</sup> — treten plötzlich auf, begleitet von Auswürfen fein zerkleinerter Kohle (bis 500 t) und bisweilen auch von Gestein. Von Druckäußerungen ist nirgends die Rede; es scheint daher, als ob lediglich der außerordentliche Druck der im Flöze oder im Nebengestein angehäuften Kohlensäure die Festigkeit der Kohle in eine Art labilen Gleichgewichtes gebracht habe, so daß bei geringer Veranlassung — meist treten die Ausbrüche infolge eines Schusses auf, bisweilen auch schon nach einem Schlag mit der Haue — diese Festigkeit bereits überwunden wird und die Kohle — vgl. die batavischen Glastropfen — förmlich explodiert unter Freimachung der eingeschlossenen Gasmengen.

Viel zerstörender zeigen sich diese Kohlensäureausbrüche in Südfrankreich<sup>2)</sup>, wie insbesondere aus dem von Werne mitgeteilten Falle der Grube „Alais“ hervorgeht, wo bei Erreichung eines 18 m mächtigen Flözes beim Schachtabteufen allein nach obertags gegen 1000 t Staubkohlen ausgeworfen worden waren, die über 23 ha um die Schachanlage herum bedeckten und die gesamte Auswurfsmasse die außerordentliche Menge von 4000 t Kohle überschritt. Der Ausbruch geschah nicht bei der ersten Bloßlegung des Flözes, sondern beim Einbruch in das Flöz selbst nach den ersten Schüssen, also ähnlich wie in Niederschlesien. Dagegen wird berichtet, daß bei einer weiteren Katastrophe auf der Grube Nord d'Alais Ende November 1912, die 24 Opfer forderte, der Ausbruch „unvermutet mitten in der Arbeit ohne jede äußerliche Veranlassung und, wie angenommen wird, wahrscheinlich infolge Gebirgsschlages oder Einsturzes“ erfolgte.

Nicht zu übersehen sind schließlich Gasausbrüche, die offenbar für sich allein wirkend ganz bedeutende mechanische Wirkungen, wenn auch unter wesentlich anderen Bedingungen, ausüben. Bekannt sind ja die mächtigen Erdölspringbrunnen, deren Energiequelle doch gleichfalls nur in hochgespannten Kohlenwasserstoffgasen zu suchen ist, die in dem Öl sich angesammelt haben. Nach Überwindung des Bohrlochdruckes werden die geförderten Massen oft noch hundert und mehr Meter hoch emporgeschleudert, und zwar nicht

<sup>1)</sup> Laske, Der Kohlensäureausbruch auf dem Steinkohlenbergwerk Cons. Segen Gottes-Grube bei Altwasser am 7. Dez. 1910. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. i. pr. St., Bd. 59, 1911, pag. 175. — Laske, Der Kohlensäureausbruch auf dem Steinkohlenbgw. Cons. Rubengrube b. Neurode am 17. Sept. 1911, ebenda, Bd. 60, 1912, pag. 74. — Festschrift z. XII. allg. d. Bergmannstag, Breslau 1913, Bd. III, Der Waldenburg-Neuroder Industriebezirk, pag. 120, Wetterwirtschaft v. Prietze. — Werne, Vortrag bei gleichem Bergmannstag. Festschr. Bd. VI, pag. 98 und Ref. v. Bartonec, Montan. Rundsch., 1913, pag. 1220. (*Anmerkung während der Korrektur*: Inzwischen erschienen: Werne und Thiel, Kohlensäureausbrüche beim Steinkohlenbergbau in Niederschlesien, Südfrankreich und Mähr.-Ostrau. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. im preuß. St. 1914, Bd. 62, pag. 1. Die Kohlensäure ist nach ihnen überall juvenilen Ursprungs — worauf durch G. Thiel allein „Glückauf“, Essen 1914, pag. 251, schon eingehend hingewiesen wird — und lokal in die Kohle eingepreßt; durch Erschütterungen verschiedenen Ursprungs wird sie befreit).

<sup>2)</sup> Schausten, a. a. O. (mit Literaturangaben). — Werne, a. a. O.

nur Öl und Wasser, sondern oft genug auch Gesteinsmaterial. Höfer<sup>1)</sup> erwähnt auch trockene, lose Sande, in welchen gespannte Gase sich befanden, die dann beim Anbohren als wahre Sandspringquellen sich entluden.

Als auf bloße Ausbrüche von hochgespannten Kohlenwasserstoffgasen muß endlich auch noch auf die reinen Gasquellen oder Gaseruptionen hingewiesen werden, die aus verschiedenen Gebieten der Erde schon lange bekannt sind und in den letzten Jahren besonders in Siebenbürgen bei Kissármás die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Diese Erdgasausbrüche schleuderten hier bis 100 kg schwere Stücke des Gesteins zutage, die nach Böckh um die Eruptionstellen herum über mehrere hundert Meter ausgedehnte Schutthalden bildeten.

Durch die bloße Energie der Gase allein wurde hier demnach das Gestein zerrissen und mit Gewalt aus dem Ausbruchsschlotte befördert.

Wie schon im früheren angeführt, liegt keine Beobachtung vor, welche auf eine Zunahme des Druckes gegen die Tiefe im nieder-rheinisch-westfälischen Kohlenbecken, trotzdem schon recht bedeutende Tiefen erreicht wurden, hindeuten würden<sup>2)</sup>. Ähnliches wird ja auch ausdrücklich aus Belgien-Nordfrankreich berichtet (vgl. oben den Bericht der Steinfalkkommission).

Dagegen erwähnt Bernhardi<sup>3)</sup> aus dem ober-schlesischen Kohlenrevier mit der fortschreitenden Tiefe eine erhöhte Spannung der Kohle beim Streckenbetriebe. Er könne jedoch keine sichere Erklärung dafür geben; mit dem gewöhnlichen Druck hätte es nichts zu tun. Die Kohle sei spröder geworden. Es ist ja immerhin möglich, daß sich entsprechend der spezifischen Beschaffenheit der ober-schlesischen Kohle die Schwerelast hier mit fortschreitender Tiefe auf die spröde Kohle immer mehr geltend macht. Andererseits erklärt er aber die nach der Tiefe hin zunehmenden Druckerscheinungen beim fortschreitenden Abbau durch die immer größer werdenden Glocken, die natürlich kuppelförmig das Gewicht der von ihnen getragenen Hangendschichten auf die nebenstehenden Kohlenpfeiler übertragen und deren Druckfestigkeit endlich überwinden<sup>4)</sup>. Je fester das Hangende, desto auffallender tritt nach ihm bezeichnenderweise diese Erscheinung ein (a. a. O., pag. 174); so sind diese letzteren

<sup>1)</sup> H. v. Höfer, Das Erdöl und seine Verwandten. Braunschweig 1912, 3. Aufl., pag. 197.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Wolff, Grubenausbau, in dem Sammelwerk über die Entw. d. niederrhein.-westf. Kohlenbergbaues, Bd. II, pag. 351.

<sup>3)</sup> Fr. Bernhardi, Über den Gebirgsdruck in den verschiedenen Teufen und seine Folgen für den Abbau der in Oberschlesien in so großer Ausdehnung gebauten mächtigen Flöze. Aus dem Bericht der Abteil. I der Stein- u. Kohlenfalkkommission, Berlin 1902, pag. 171. — Ebenso: Friedr. Bernhardis gesammelte Schriften, hrsg. v. Oberschles. berg- u. hüttenm. Ver. Kattowitz 1908, pag. 91.

<sup>4)</sup> Vgl. auch Bernhardi, Die durch den Abbau v. Kohlenflözen verursachte Wärmezeugung. Zeitschr. d. Oberschl. b.- u. h. Ver. 1886, pag. 367 und Ges. Schriften pag. 89 ff., wo direkt darauf hingewiesen wird, daß „in Oberschlesien die Fälle gar nicht so selten sind, in denen ganze Bremsschachtfelder entweder gar nicht oder doch nur durch ganz schwache Holz- oder Steinkohlenpfeiler unterstützt, längere Zeit zum großen Teil offen stehen, eine Quelle der äußersten Gefahr für die betreffende Grube“.

also im Wesen wieder genau die gleichen Vorgänge, wie bei unserem früheren festen Hangenden, daß sich schließlich auf relativ zu klein gewordene Pfeiler stützt.

Wenn er endlich die auch von Lasaulx schon beschriebene (vgl. oben) Zusammenbruchkatastrophe des Krugschachtes der Königszeche vom Jahre 1873 erwähnt, so spricht er sogar von einer „stattgehabten Zerdrückung der vorgerichteten Pfeiler“. Nach Hoffmann waren damals dort „ganze Bremsbergfelder plötzlich zu Bruch gegangen, als man versuchte, einzelne der — (bei dem schachbrettformigen Abbau) — stehen gebliebenen Pfeiler nachträglich zu gewinnen. Ein ähnlicher Einsturz infolge schachbrettartigen Abbaues ereignete sich 1897 in Rosdzin“<sup>1)</sup>. Wahrscheinlich haben wir also bereits damals die gleiche Sache vor uns, wenn auch die Tiefe im Krugschachte bloß 160 m betrug: eine Überlastung der stehen gebliebenen Pfeiler. Die geringe Tiefe zeigt deutlich, daß von einer Schwerewirkung durch zu große Tiefe keine Rede sein kann<sup>2)</sup>.

Übrigens berichtet über einen durch allzu große Verschwächung der Pfeiler im oberschlesischen Kohlenrevier erfolgten Zusammenbruch eines Bremsberges im Heinitzflöz auf der 340 m tiefen Sohle im Felde der Königin Luisengrube Ackermann<sup>3)</sup> ausdrücklich und in ausführlicher Weise: Mit Fortschreiten des Abbaues steigerte sich der Druck über den immer schmaler werdenden Bremsbergpfeilern immer mehr, bis ohne vorherige Anzeichen der Zusammenbruch dieser außerordentlich verschwächten und daher nicht mehr tragfähigen Kohlenpfeiler sich ereignete: ein typischer Pfeilerbruch.

Über zum Teil ähnliche Verhältnisse berichtet Krug<sup>4)</sup> aus dem Lugau-Ölsnitzer Grubenrevier. Auch er unterscheidet, wie Bernhardt, erhöhte Spannung im Flöze beim Vortrieb der Strecken in 600–900 m Tiefe, die sich darin äußert, daß „unter heftigem Schläge bis zu  $\frac{3}{4}$  q schwere Kohlenstücke aus dem Einbruche herausgepreßt und auf etwa 6 m Entfernung in die Strecke geschleudert wurden. Gleichzeitig sind die drei oder vier letzten Baue umgeworfen worden und die ursprünglich 2 m hohe Strecke war auf 1.2 m zusammengedrückt“. Schläge geringerer Heftigkeit kamen sehr häufig vor.

Dann führt er die „eigentlichen Gebirgsschläge“ an, die sich in den heftigsten Gebirgserschütterungen äußern, die als Erdbeben bis an die Oberfläche sich fortpflanzen. Sie treten nach ihm bei sehr festem und kompaktem Hangenden auf und wenn der Abbau sehr weit vorgeschritten ist, das tragfähige Hangende daher sehr weit frei liegt. Die Erschütterung soll dann durch den plötzlichen Zusammen-

<sup>1)</sup> Hoffmann, Die Technik im oberschlesischen Bergbau und Hüttenbetriebe. In: Festschrift z. XII. allg. deutsch. Bergmannstag Breslau 1913, Bd. II, pag. 500.

<sup>2)</sup> Man vergleiche hierzu übrigens auch die Ausführungen Knochenhauers in der Zeitschr. d. oberschles. berg- u. hüttenmänn. Vereines Kattowitz 1912 (Nov.-Heft) über „Erderschütterungen und Bergschäden“. Der gleiche Aufsatz auch in der „Berg- u. Hüttenmänn. Rundschau“ Kattowitz, 9. Jahrg., 1913, Nr. 7.

<sup>3)</sup> Ackermann, Wirkungen des Abbaues mit Sandspülversatz auf das Deckgebirge im Felde der Königin Luisengrube. „Glückauf“, 46. Jahrg., 1910, pag. 1287.

<sup>4)</sup> Krug, Eigene und fremde Beobachtungen über Gebirgsschläge in Lugau-Ölsnitzer Gruben. Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenw. im Kgr. Sachsen, 1903, pag. 31

bruch dieses freigelegten Hangenden erfolgen. Wenn dem wirklich so ist und nicht etwa auch hier die überlasteten und plötzlich zertrümmerten Kohlenstöße die Katastrophe einleiten, so hätten wir in ersterem Falle allerdings überhaupt bloß eine Einsturzerschütterung vor uns, wie solche in geringerem Umfange täglich bei jedem Zubrechegehen des Hangenden vorkommen. Mit Gebirgsschlägen hätte es dann überhaupt nichts zu tun.

Es sei dem nun so oder so, jedenfalls sind auch hier wieder keine eigentlichen tektonischen Vorgänge zu verzeichnen. Der Abbau schritt vor, bis die Tragfähigkeit irgendeines Elements überschritten war und der Zusammenbruch erfolgte. In den Strecken im freien Felde mag auch hier speziell die Kohle infolge der großen Tiefe von 600—900 *m* schon Pressungserscheinungen zeigen, wenn die Ursache nicht eine andere ist. Denn nach mir gewordenen brieflichen Mitteilungen sind diese schon damals nur sehr lokal auftretenden Schläge, die daher auch nicht gut auf irgendwelchen allgemeineren tektonischen Vorgängen beruhen können, in den letzten Jahren nicht mehr oder doch nur in unbedeutendem Maße vorgekommen. Auf besseren Versatz mit Ausschlämmen, wie vermutet wird, kann dies wohl nicht zurückzuführen sein, da diese Schläge ja beim Vertrieb im unverritzten Gebirge auftreten. Vielleicht tragen, wie stellenweise in Hausham, spezielle lokale Konstitution der Kohle und des Nebengesteins, event. der Zwischenmittel zu ihrem Entstehen bei.

In Böhmen kennt man im Kohlenbecken von Kladno seit langer Zeit gebirgsschlagartige Erscheinungen, welche dort Detonationen heißen. Das mächtige Flöz wird daselbst ohne Versatz gebaut. Zeitweise mag es da geschehen, daß das Hangende zuweilen zu lange stehen bleibt und dann allein oder durch Zusammendrücken der unterstützenden Pfeiler plötzlich unter starker Erschütterung der Grubenbaue und der Tagesoberfläche niedergeht. Eine Erklärung für diese Erschütterungen suchte man früher nach Schröckenstein<sup>1)</sup> in einer durch den Bergbau herbeigeführten Austrocknung und dadurch erfolgenden Zerberstung des ganzen Hangendgebirges. Doch hat diese Hypothese dort keine Anhängerschaft erworben, was in mehrfachen, von Amts wegen erstatteten Gutachten damaliger Zeit (E. Preißig und A. Irmiler) über diese Vorkommnisse zum Ausdruck kam. „Solange sich der Abbau in der Tiefe bis zu 225 *m* Sohle bewegte, hat sich der Pfeilerbau durchaus bewährt, dagegen gestaltete sich der Betrieb wesentlich anders, als der Tiefbau zwischen dieser und der tieferen 514 *m* Sohle eröffnet war. Beim Rückbau der vorgerichteten Pfeiler wurde der Druck auf diese immer größer, was sich vor den Abbaustößen durch ein Zerfallen der an sich festen Kohle äußerte. In den Teilungsstrecken, Bremsbergen und Fahrüberhauen zeigten die Kohlenstöße in ungewöhnlichem Maße das Bestreben, in den freien Raum hineinzuwachsen, verengten dadurch den Querschnitt und gaben so zu fortwährenden kostspieligen Re-

<sup>1)</sup> Fr. Schröckenstein, Die Erderschütterungen mit Detonationen in den Steinkohlengruben bei Kladno. Montan-Kalender, hrsg. v. Montan.-Ver. f. Böhmen, Jahrg. XVII, 1900, pag. 80 (danach auch in einem Vortrag bei der 66. Naturf.-Vers. in Wien).

paraturarbeiten Veranlassung. Als dann durch das fortgesetzte Schwächen des Kohlenpfeilers diese nicht mehr imstande waren, dem auf ihnen lastenden Druck Widerstand zu leisten, begannen sie zu brechen, was mit heftigem Knallen und Hereinbrechen größerer Kohlenmassen verbunden war und sich übertags durch erdbebenartige Erderschütterungen bemerkbar machte<sup>1)</sup>.

Nach einem vorangehenden, bereits am 3. April 1896 erstatteten Gutachten traten größere Detonationen in neu aufgeschlossenen Felderteilen nie auf, während die Schauplätze für solche stets im Bereiche „der verhauten oder im Verhau befindlichen Bremsberge oder in schmalen, zwischen abgebauten Feldern noch anstehenden Pfeilern liegen“. Man erkennt: genau die gleichen Grundlagen und Ereignisse wie in Hausham oder in Westfalen und an anderen Orten — die Kohlenpfeiler überlastet und folgender Zusammenbruch. Wenn sich die Ereignisse wirklich erst in größerer Tiefe bemerkbar machten und hier nicht vielleicht auf andere Ursachen (lebhafterer Abbau u. dgl.) zurückzuführen sind, so kommt dadurch noch hinzu, daß die Kohle für geringere Tiefen druckfest genug gewesen wäre, daß jedoch ihre Gebirgsfestigkeit in größerer Tiefe unter Hinzukommen des künstlich vergrößerten (in der Tiefe, wie gesagt, vielleicht durch lebhafteren Abbau stärker vergrößerten) Hangenddruckes bereits erreicht und stellenweise überschritten wurde.

Tektonische Ursachen kämen wieder nur unterstützend in Frage, entsprechend den vielen Verwerfungen, welche das Flöz dort durchsetzen<sup>2)</sup>. In diesem Sinne und als Ablehnung der an gleichem Orte neuerdings angeführten Austrocknungshypothese sind auch meine kurzen Äußerungen vom Jahre 1905<sup>3)</sup> über diese Angelegenheit zu verstehen, zumal ja aus dieser Veranlassung ganze, auch über die Abbaue hinausreichende Gebirgskörper, insbesondere soweit sie von Verwerfungen umschnitten und aus dem Zusammenhange mit dem Gebirgsanlagen gebracht sind, offenbar in Bewegung gesetzt werden können. Vielleicht sind unter diesem Gesichtswinkel auch Schrockensteins Angaben a. a. O. bezüglich des Auftretens der von ihm angeführten Detonationsfälle zu betrachten.

In weit stärkerer Weise läßt Davison<sup>4)</sup> die Verwerfungen bei der Erklärung solcher Gebirgsschläge beziehungsweise Pfeilerbrüche eine Rolle spielen. Durch den Abbau würde das Hangende auf große Erstreckungen hin seiner Stütze beraubt, trachte daher niederzugehen und den Abbauraum auszufüllen. „Nowhere can this tendency be greater than where the rock is severed by a fault from that which adjoins it. Here the sinking would take place by a series of fault-

<sup>1)</sup> E. Preißig und A. Irmler, Gutachten betr. die zur möglichsten Verhütung von plötzlichen Erschütterungen (Detonationen) in den Steinkohlengruben des Kladnoer Reviers zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen. Prag, 15. April 1901, pag. 15.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. die Profile in „Die Mineralkohlen Österreichs“. Wien 1903, pag. 226.

<sup>3)</sup> Weithofer, Verh. d. Naturf.-Ver. Brünn, Bd. 43, 1904, pag. 44.

<sup>4)</sup> C. Davison, On some minor British Earthquakes of the Years 1693—1899. The geol. Mag. 1900, pag. 176. Vgl. auch: Derselbe, Ebenda 1905, pag. 220.

slips, each of which might give rise to a rather strong shock on the surface of the ground above.“ Immerhin geht die Sache auch hier auf die Überlastung durch zu weit freigelegtes Hangend zurück und den dadurch hervorgerufenen Druck.

In ähnlicher Weise beschreibt Atkinson<sup>1)</sup> Gebirgsschläge aus dem Staffordshire-Kohlenfeld, dort „bumps“ oder „goths“ genannt. Sie kommen hauptsächlich in mächtigen und tiefen Flözen vor, begleitet von schuß-, oft donnerähnlichen Detonationen, manchmal ohne sichtlichen Effekt, manchmal mit Erschütterungen, Niedergehen der First (zuweilen auch Aufbersten der Sohle), Hereinbrechen von Kohle und Zertrümmerung der Zimmerung. Manchmal nähme es den Anschein, als ob die ganze Grube zu Bruche ginge. Endlich seien öfter als Begleiterscheinungen Gasausbrüche zu verzeichnen. Ursache sei nach ihm „the sudden release by fracture of a state of tension in the strata either preexistent or brought about by the mine-working“. Daß der „Spannungszustand“ nach dem Vorangehenden wohl kaum präexistent war, sondern ebenfalls durch den Abbau hervorgerufen wurde, dürfte kaum zu bezweifeln sein. Daß er nach seiner Ansicht durch keine lateralen Pressungen hervorgerufen werde, teilt er Hankar-Urban mit.

Interessant sind die Mitteilungen I. E. Carnes<sup>2)</sup> aus den Kannelkohlengruben Genowlan und New Hartley in Neu-Süd-Wales, insofern, als sie je nach der Konsistenz der Kohle verschiedenes Verhalten zeigen. Wo weiche bituminöse Kohle in der First ansteht, gibt diese nach und mildert so den enormen Druck auf die steife Kannelkohle. Wo jedoch harte Kannelkohle in der First ist, kommt der Druck restlos zur Geltung: Ständiges und heftiges Absprengen von Materialteilchen findet statt, besonders wo Abbauräume die seitliche Spannung der Kohle zum Ausdruck kommen lassen, so daß die Häuer nur hinter Schutzschildern und mit Schutzbrillen vor den Augen ihrer Arbeit nachgehen können, um sich vor den abgesplitterten, scharfkantigen Schieferstücken zu sichern. Es erinnert dies wechselnde Verhalten an gewisse Vorkommen in Hausham, die früher auch erwähnt wurden.

Die Überlagerung ist hierbei kaum 1000 Fuß, also nicht bedeutend.

Auch aus dem Erzbergbau liegen mehrfache Mitteilungen über Gebirgsschläge vor.

So vor allem aus Przibram von F. Mladek, H. Stefan und N.<sup>3)</sup>

Was Mladek beschreibt, sind wieder die schon mehrfach ge-

<sup>1)</sup> W. N. Atkinson, Report of H. M. Inspector of Mines for the Stafford district for the year 1903, pag. 15 (nach Davison, a. a. O., 1905, und Hankar-Urban, a. a. O., T. XXI, 1907, pag. 86).

<sup>2)</sup> I. E. Carne, The Kerosene shale deposits of New South Wales. Mem. geol. Surv. of N. S. W., Dep. of Mines and Agric. Sydney, 1903, pag. 84.

<sup>3)</sup> F. Mladek, Über Erderschütterungen im Przibrämer Bergbaurrain. Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., 1905, Jahrg. 53, pag. 349. — H. Stefan, Spannungen im Gestein als Ursache von Bergschlägen in den Przibrämer Gruben. Ebenda, 54. Jahrg., 1906, pag. 258. — N., Die Spannungen der Gesteine in den Przibrämer Gruben. Ebenda, 1906, pag. 398.

schilderten Wirkungen des seines unterstützenden Haltes durch den Abbau beraubten Hangenden: „Es ist einleuchtend, daß bei stetig steigender Wirkung des Pfeilergewichtes schließlich die Grenze der Widerstandsfähigkeit der Gebirgsschichten überschritten wird, und die durch diese Gewichtswirkung hervorgerufene Spannung der Schichten an den hierzu geeigneten Stellen zur Auslösung gelangen muß.“ Diese Auslösung „äußert sich durch Ausbauchung des Liegenden oder Hangenden eines solchen entblößten Pfeilers, welche in offenen Verhauen, Strecken usw. unter Umständen sogar in Berstung und völligen Verbruch ausartet“. Es erfolgt dies unter kanonenschußartigem Knall und Erschütterung der ganzen enorm großen Pfeilermasse, welche sich mitunter bis zur Erdoberfläche fortpflanzt.“ (Pag. 350.)

Die von Stefan als erste beschriebenen Erscheinungsformen werden von ihm zwar vor allem auf im Gebirgsbau begründete Pressungen zurückgeführt, wie sie zum Beispiel „an jenen Stellen entstehen, wo der Gang ein anderes Streichen oder Verfläachen annimmt“, er deutet aber selbst darauf hin, daß sich „die Lage verschlimmert, und zwar trotz tadellosesten Versatzes, bei fortschreitender Ausdehnung des Abbaues und der hiermit verbundenen Konzentration des Hangenddruckes auf immer kleinere Gebirgspfeiler“. (Pag. 258.) Wir haben daher offenbar auch hier wieder nur Überlastung des bei fortschreitendem Abbau allmählich zu klein gewordenen Pfeilers einer harten, spröden Flöz- oder Gangmasse durch das feste, tragfähige Hangende vor uns, zumal die daraus resultierenden Gebirgsschläge nach dem Autor auch wirklich nur dann auftreten, wenn die Gangmasse sehr fest, nicht aber, wenn sie milde und zerrieben ist.

Was er an zweiter Stelle als tückischere Erscheinungsform der dortigen Gebirgsschläge aufführt, daß unter schußartigem Knall oder starkem Getöse aus dem Nebengestein größere, „in viele scharfkantige Stücke verschiedener Größe zersplitterte Gesteinsmassen“ losspringen, geht auf eine bereits erfolgte Überschreitung der Gebirgsfestigkeit dieses Nebengesteines durch irgendeinen Druck zurück. Die Vorkommnisse dieser Art treten nach ihm nur in einer Tiefe von mehr als 1000 m und nahe der Muldenmitte im flachen Südostflügel auf, niemals im steilen Flügel. Oft folgen dem Hauptschlag an gleicher Stelle noch mehrere kleinere, so daß „eine solche Firnenstraße stunden-, ja tagelang nur mit größter Vorsicht betreten werden kann“. Und wieder betrifft es auch hier nur „harte, dichte, quarzige, keinesfalls milde, tonige“ Gesteine. Er zieht den Schluß, „daß die Schlagkraft nicht allein in einem senkrecht zur Schichtung wirkenden Drucke der überliegenden Gebirgsmassen, sondern gleichzeitig auch in einer parallel zu letzterer gerichteten Pressung an der Muldenmitte zu suchen ist“. (Pag. 256.) — Es sollen also nach ihm trotz der Tiefe nicht die Schwerelast die allein wirkende Ursache sein, sondern tektonische Verhältnisse, die mit der Schichtenbiegung in der Muldenmitte zusammenhängen. Nachdem er jedoch vorhin von „Firnenstraßen“ als Schauplatz dieser Gebirgsschläge spricht, scheint es, daß auch der Abbau und die dadurch vermehrte Lastung des Hangenden wenigstens mit eine Ursache dieser Überlastungserscheinungen ist, die sich diesmal im Nebengestein abspielen (wie ja öfter auch in Hausham).

Daß es nicht mit der Tiefe zusammenhänge, konstatiert überdies ausdrücklich N., jedoch auch, daß diese Erscheinung in beiden Muldenflügeln, im flachen und steilen, und zwar ohne Unterschied der Tiefe auftritt. Bedingung ist jedoch „dichtes, hartes und glasiges, sprödes Quarzitgestein“. „Die geringere oder stärkere Äußerung wird allerdings mehr oder weniger auch durch äußere Umstände beeinflusst, also durch die Art der Bloßlegung des Gesteines beim bergmännischen Betrieb sowie durch sonstige lokale Grubenverhältnisse.“ Die milden, graphitischen Schiefer zeigen bloß Blähung und dabei „große Neigung zur Gesteinsabsonderung sowohl der Schichtung wie auch der Transversalschieferung nach“.

Da die Tiefe also keinen Einfluß auf die Stärke des Auftretens dieser Gebirgsschläge haben soll, bleibt nur die künstliche Schaffung derselben durch den Abbau oder irgendwelche tektonische oder sonstige Spannungen als Ursache übrig. Erstere sind für einen großen Teil der Erscheinungen wohl als einwandfrei festgestellt zu betrachten, letztere sind aus dem bisher bekannt Gewordenen nicht klar nachzuweisen.

Damit im Zusammenhange sei auch eines Berichtes von Br. Baumgärtel (a. a. O.) über einen bereits im Jahre 1795 im Erzlager des Rammelsberges bei Goslar beobachteten Gebirgsschlag gedacht, sowie wiederholter erdbebenartiger Erschütterungen über diesem in Abbau befindlichen Lager, die er auf Spannungen, verursacht durch Gleitbestrebungen des gewichtigen Erzkörpers auf einer vorhandenen zerütteten Überschiebungszone zurückführen zu sollen glaubt (pag. 472), nachdem er wegen der geringen Tiefe von 230 m die Heimsche Gewichtshypothese ablehnt, und auch einen tangentialen Schub, als Rest der oberkarbonischen Zusammenfaltung der dortigen Schichten, wegen des Vorhandenseins von Verwerfungen mit abgesunkenem Hangenden — die also im Gegenteil auf eine Zerrung der Schichten hindeuten würden — nicht gut annehmen kann.

Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß diese Erklärung des Autors eigentlich doch nur auf der Heimschen Hypothese beruht, außer man zieht auch noch die ja vorhandenen großen Abbauräume, trotz des erwähnten guten Versatzes, zur Deutung heran, gegen und in welche hinein sich die ihrer Unterstützung beraubten Erz- oder Gebirgskörper senkten; wir haben aber dann damit wieder den Druck dieser letzteren auf kleiner gewordene und deshalb unter Umständen übermäßig beanspruchte Unterlagen als Ursache vor uns<sup>1)</sup>.

Auch aus außereuropäischen Erzgebieten kennt man solche zu den Gebirgsschlägen gehörige Vorgänge. So aus den Goldfeldern von Hillgrove, am Bakers Creek in Neu-Süd-Wales gelegen. Andrew<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Anmerkung während der Korrektur: In jüngster Zeit berichtet B. Baumgärtel, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1914, pag. 88, noch über zwei möglicherweise gebirgsschlagartige Erscheinungen in den Erzbergwerken von Lautental im Oberharz, von denen man jedoch (1906 und 1912) nur Detonation und Stoß vernahm, ohne ihre Ursprungsstelle näher zu kennen.

<sup>2)</sup> E. C. Andrew, Report on the Hillgrove Gold-Field. Department of Mines and Agriculture, Geol. Survey, Mineral Resources, Nr. 8, Sydney, 1900, pag. 18

machte zuerst Mitteilung von metamorphen Schiefen, die beim Schlagen oder Bohren „explodieren“ und mit Gewalt nach allen Richtungen zerspringen; tagelang vorher zeigt sich dies oft schon dadurch an, daß das Gestein zeitweise „spuckt“. Andrew führt es auf große Pressungen zurück, die durch die verschiedenen Granitausbrüche dieser Gegend verursacht wurden. Dadurch wird beim Beginn der Arbeiten erst dieses „Spucken“ oder kleinere Schläge herbeigeführt; wenn aber der Abbau fortschreitet und der Druck von allen Seiten fühlbar wird, kommt ein Moment, wo das Gleichgewicht gestört und „a disastrous explosion“ ausgelöst wird.

Jaquet<sup>1)</sup> beschreibt dann zunächst, wie in der Nachbarschaft, als Folge einer heftigen „Gesteinsexplosion“, am 15. Dezember 1904 ein Hauptbrensberg zusammengeworfen wurde; an Andrews Annahme der Ursache dieser Pressungen (Granitausbrüche) glaubt er jedoch nicht, führt sie vielmehr einmal auf Spannungen in den Stößen zurück — woher? — sowie auf den Umstand, daß die bezüglichen Schichten spröde sind und sich daher nicht durchbiegen. Aus der beigegebenen Zeichnung und der Beschreibung des Vorganges ergibt sich jedoch ohne weiteres, daß es sich auch hier um ein fortgesetztes Verschwächen des tragenden Pfeilers handelt, bis der Gebirgsschlag — ein Pfeilerbruch — erfolgt.

Von großem Interesse für unseren Gegenstand sind Spannungsäußerungen, wie sie zu gleicher Zeit W. F. Smeeth aus den Kolar-Goldfeldern von Mysore, in Vorderindien, schildert<sup>2)</sup>. Leider war es mir ebenfalls unmöglich, mir diese Veröffentlichungen hier zugänglich zu machen und ich muß mich im folgenden auf den Auszug in Hankar-Urbans Abhandlung (a. a. O., T. XXI, 1907, pag. 30 u. ff.) beziehen.

Danach unterscheidet Smeeth auch hier wieder „Air Blasts“, Gesteinsabsprengungen oder Absplitterungen, wie wir sie im Vorangehenden schon an vielen Orten angegeben fanden. Einige bezeichnende Beispiele werden erwähnt: Auf der Oregum-Mine zeigt der goldführende Quarz, ebenso auch Hornblendeschiefer (nach Smeeth basaltische Laven) in zirka 300—350 m Tiefe Zerknisterungen und Absplitterungen. Auf Champion Reef mußte eine Strecke in zirka 590 m Tiefe deswegen sogar eingestellt werden. So heftig trat die Erscheinung hier in der Streckenfirst auf, daß diese sich dadurch um 3 m erhöhte; wobei nur zu bemerken ist, daß im nächsthöheren und niederen Horizonte (zirka 560 und 620 m) nichts zu verspüren war. In der Tank-Mine trat diese Absplitterung in zirka 260 m in basaltischem Gestein, und zwar sogar mit Funkenbildung auf; auch nach längerer Zeit noch löste jeder Hammerschlag diese Absprengungen von Gesteinssplittern aus.

<sup>1)</sup> Rapport annuel du département des Mines de la Nouvelle-Galles du Sud pour 1908, pag. 72—76. — Das Original war mir nicht erreichbar; stütze mich daher auf A. Hankar-Urbans Mitteilung im Bull. de la Soc. Belge de Géol., Mém., T. XXI, Brüssel 1907, pag. 27 u. ff.

<sup>2)</sup> W. F. Smeeth, Air Blasts and Quakes on the Kolar Gold Field. Mysore Geol. Dept., Bangalore, 1904, pag. 45, und nach E. Suess, a. a. O.: Rep. of the Chief Insp. of Mines for 1908/09, Madras, 1910 und for 1911/12, Madras, 1913.

Diese Air Blasts kämen hier daher in Tiefen von 150—600 *m* im Quarz, Basalt und metamorphen Schiefen vor, in dem goldführenden Quarzgang selbst, wie in größerer Entfernung von ihm, in frisch aufgefahreneu, wie in älteren Strecken. Die Wirkung der Schwere als Ursache erscheine wohl ausgeschlossen. Direktor Bosworth Smith der Tankgrube erklärt diese Erscheinungen im Quarzgang durch seitlichen Druck infolge der Faltung, im übrigen durch Zugspannungen, entstanden durch Kontraktion bei der Abkühlung. Stellenweise wäre Entspannung möglich gewesen, daher das lokale Auftreten. Smeeth dagegen glaubt alle Äußerungen auf Auslösung von Zugspannungen zurückführen zu sollen.

Viel ernsterer Natur sind die Quakes, da sie nicht nur in der Grube sehr zerstörend wirken, sondern auch obertags auf 5—6 *km* Entfernung als Erdbeben zu fühlen sind. Selbst das sie begleitende Getöse konnte man an der Erdoberfläche zuweilen 1—2 *km* weit hören. Solche Quakes sind sehr häufig; in der Champion Reef-Grube allein konnte man im Verlauf von zwei Jahren 70 zählen. Er führt davon mehrere Beispiele an: Ein Luftschacht der Oregum-Mine wurde in Hornblendeschiefer zwischen 200—230 *m* Tiefe auf 20 Fuß unter starkem Knall auf 1—2 Zoll verschoben und zugleich in der Strecke von 230 *m* Tiefe die Zimmerung auf 20 Fuß Länge niedergebrochen und Gestein abgesprengt. Auf Champion Reef wurde eine Strecke in 400 *m* Tiefe durch eine Erschütterung auf 140 Fuß Länge zusammengeworfen; die Sohle barst heftig auf und große Gesteinsschalen bis 12 Zoll Dicke wurden abgeschleudert. Am 13. und 20. März 1903 gab es auf der gleichen Grube wieder große, auch an der Oberfläche fühlbare Erschütterungen, die von Strecken in der Tiefe von zirka 270 und 325 *m* ausgingen und hier große Gesteinstrümmen (Dolerit) weit wegschleuderten. Alles Vorgänge ganz ähnlich wie in Hausham.

Smeeth glaubt die Ursachen dieser Quakes zum Unterschiede von jener der Air Blasts in einem Zusammenbrechen der Pfeiler unter dem Gewichte des überlagernden Gebirges suchen zu müssen: der goldführende Quarzgang sei dort auf große Erstreckung bereits bis zur Tiefe von über 500 *m* weithin abgebaut; Hangend und Liegend sehr widerstandsfähig und spröde. Darin gerade sieht er aber die Hauptvoraussetzungen für diese Erschütterungen, wenn er sich auch fragt, warum dieselben denn nicht auch in den Nachbargruben, wo die gleichen Verhältnisse herrschen, vorkommen. Auch Hankar-Urban sieht in dieser Lokalisierung des Auftretens ein Hindernis für eine solche Erklärung, zumal nach ihm Air Blasts und Quakes überdies doch auf die gleiche Ursache werden zurückgeführt werden müssen, die er schließlich am wahrscheinlichsten in seitlichen Pressungen orogenetischer Natur sehen zu können glaubt.

Es scheint mir jedoch diese Schlußfolgerung nicht notwendig zu sein. Da Schwerewirkung des überlastenden Gebirges bei der geringen Tiefe und dem festen Gestein ausgeschlossen sind, die Quakes aber hauptsächlich in Abbaufeldern auftreten, kann man sich der Erklärung Smeeths sicherlich anschließen, die auf Pfeilerbrüche

hinausgeht. Wenn solche nur stellenweise auftreten, so kann das seine Ursache in lokalen Gesteinsverhältnissen haben, die bisher vielleicht nur nicht genügend berücksichtigt werden, in abweichenden Abbauvorgängen u. dgl. Übrigens böte dies stellenweise Auftreten der Erklärung H a n k a r - U r b a n s durch seitlichen Druck die gleichen Einwände.

Auch die Air Blasts treten zudem anscheinend nur lokal auf; offenbar hängt auch dieses mit der Gesteinsbeschaffenheit zusammen, die den wirkenden Kräften, seien sie nun welche immer, lateraler Druck, chemische oder physikalische Vorgänge im Gestein, verschiedenen Widerstand entgegenzusetzen und damit auch sich verschieden äußern.

Soweit Gebirgsschläge in Tunneln beobachtet wurden, fällt bei ihrer Erklärung natürlich die Möglichkeit weg, sie auf Überlastung durch künstlich vergrößerten Hangenddruck zurückzuführen. Es sind primäre Gebirgsspannungen, wie wir solche beim Bergbau, beim Vortrieb von Strecken oder Querschlägen ins freie Feld, kennen gelernt haben (Hausham, Oberschlesien, Sachsen, Indien usw.).

Die Erscheinungen sind die gleichen: Blähen und Treiben bei mildem, Schlagen bei hartem, sprödem Gestein. Selbstredend stellt sich ersteres nur schon bei geringerem Drucke ein.

Das Auftreten von Gebirgsschlägen beim Simplontunnel wurde schon anfangs behandelt<sup>1)</sup>; ebenso die verschiedenen Ansichten über die Ursachen, wie sie insbesondere in den Kontroversen zwischen Heim und Schmidt hervortraten. Ersterer führt sie demnach ausschließlich auf die Überlastung durch die Schwere der überliegenden Gebirgsschichten zurück, wobei sich der Druck flüssigkeitsähnlich nach allen Seiten fortpflanzt, weshalb er unter allen Umständen kreisförmige Ausmauerung tiefer Tunneln verlangt, letzterer möchte auch die gebirgsbildenden Kräfte mit ihrem tangentialen Schub, die „primäre Konsistenz und die Art der Lagerung der Gesteine“ (a. a. O. pag. 82, 87 etc.) nicht ausschalten. Stellenweise scheint ja der Druck in den Tunneln entsprechend der Heim'schen Ansicht, tatsächlich mit der Höhe der Überlagerung zuzunehmen, vielfach wird aber die einwandfreie Beobachtungsmöglichkeit dadurch gestört, daß anderes Gestein, Störungs- und Zerrüttungszonen eintreten, daß ja überhaupt das Gebirgsmaterial kein einheitliches, homogenes ist, sondern ein Gemenge verschiedenartiger Bestandteile oder gleicher Bestandteile in verschiedenartigem Zustand.

Auch aus den großen österreichischen Alpentunneln werden ähnliche Erscheinungen berichtet. So traten nach Becke<sup>2)</sup> solche unter Knall erfolgende Absprengungen größerer oder kleinerer Ge-

<sup>1)</sup> Über das Auftreten in den Gotthardtunneln vgl. die Angaben bei Schmidt, Rektoratsprogr. a. a. O. pag. 74.

<sup>2)</sup> F. Becke, Bericht über den Fortgang der geologischen Beobachtungen an der Nordseite des Tauerntunnels. Anz. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. 1905, Nr. XII, pag. 152. — Weitere Berichte: Ebenda 1906, Nr. III, pag. 31 und 1907, Nr. X, pag. 164.

steinsstücke im Zentralgneis beim Bau des Tauerntunnels an der Nordseite sehr lebhaft bei einer Überlagerung bis zu 1600 *m* auf. Aber auch hier, wie in der Schweiz, nur in gesundem, kluftarmem, kompaktem Gestein, nie in Zerklüftungszonen. Auch hier wurde die Beobachtung gemacht, daß die abgesprungenen Schalen größer geworden waren, als der Raum, aus dem sie stammten.

Von der Südseite dieses selben Tunnelbaues erwähnt Berwerth<sup>1)</sup> die gleichen Vorkommnisse, wenn sie hier auch in einer milderen Form sich geltend zu machen scheinen, ebenso aus festem Kalkstein vom Wocheiner Tunnel K l o d i č<sup>2)</sup>.

Über Druckäußerungen in oberflächlichen Steinbrüchen wurde gleichfalls schon anfangs berichtet. Sie sind zweifellos vorhanden, und zwar oft in sehr energischer Form. Wenn auch angegeben wird, daß sie — zum Beispiel in den Porphybrüchen von Quenast in Belgien — erst mit 36 *m* eintreten und weiter in der Tiefe häufiger werden, so kann dies doch kaum mit der Schwerewirkung und ihrer flüssigkeitsähnlichen Druckverteilung zusammenhängen. Der Steinbruch ist dort gegen 80 *m* tief; selbst eine freistehende Gesteinssäule dieser Höhe angenommen, ergibt sich an seiner tiefsten Stelle bloß ein Druck von kaum 24 *kg/qcm*. Die Druckfestigkeit des Phorphyr ist dort aber 2344 *kg*. Es ist daher vollkommen ausgeschlossen, daß bei diesen geringen Tiefen irgendeine Äußerung möglich wäre, die auf Erreichung oder gar Überschreitung der Druckfestigkeit des Phorphyr beruhte. Obiger Druck von 24 *kg/qcm* ergibt nicht einmal die Hälfte der sogar für Baukonstruktionen zulässigen Spannung.

Das annähernd Gleiche gilt auch für Granit, der eine nur wenig kleinere Druckfestigkeit hat. Die Druckfestigkeit für Kalk- und Sandstein ist allerdings wesentlich geringer, aber selbst bei diesen noch außerordentlich viel größer als sie in Tagsteinbrüchen je in Anspruch genommen werden kann.

Nach „Des Ingenieurs Taschenbuch“, hrsg. von Ver. H ü t t e, 1902, ergibt sich als Bruchbelastung für:

	<i>kg/qcm</i>
Granit, Syenit, Diorit	800—2000
Porphyr	1000—2600
Basalt	1000—3200
Grauwacke	500—1500
Kohlensandstein	500—1800
Keupersandstein	700—1800
Bruch- und Quadersandstein	300—1000
Kalkstein	400—2000

<sup>1)</sup> Fr. Berwerth, Über den Fortgang der geologischen Beobachtungen im Südfügel des Tauerntunnels. Anz. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., 1907, Nr. XXVII, pag. 487.

<sup>2)</sup> In Kossmat, Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien, 1907, Bd. 82, pag. 91. — Ebenso Lußer nach Schmidt, Rektoratsprogr. a. a. O. pag. 73.

Bei angenommen 3 *kg* spezifischem Gewicht — also reichlich gewählt — resultiert für je 100 Meter Gesteinssäule als Sohldruck derselben für den *qcm* etwa 30 *kg*.

Es ist selbstverständlich, daß diese so errechneten Werte für das Gestein im Gebirgzusammenhange nicht direkt verwendbar sind, aber mangels anderer Möglichkeiten, den Tiefendruck zahlenmäßig zu erfassen, sollen sie zur allgemeinen Veranschaulichung vorerst dienen.

Man ersieht daraus, daß zum Beispiel für die Przibrämer Verhältnisse Grauwacke oder Sandstein bei den dort erreichten Tiefen noch immer nicht an der Belastungsgrenze angelangt ist, selbst wenn man den geringsten Wert von 500 *kg/qcm* annimmt. Desgleichen würde der gewöhnliche Kohlensandstein, wieder dessen niedrigsten Bruchbelastungswert eingesetzt, erst bei 1600 *m* Tiefe seine höchste Belastbarkeit erreichen, Bruch- und Quadersandstein bei 1000 *m*, Kalkstein bei 1300 *m*.

Die schlagenden Mergel Haushams dürften allerdings eine niederere Bruchbelastung haben. Da sie zwar bei 300 *m* Tiefe durch das Gewicht einer ebenso hohen Gesteinssäule bloß gegen 75 *kg/qcm*, bei 500 *m* Tiefe erst 125 *kg/qcm* auszuhalten hätten, so wäre es wohl immerhin nicht undenkbar, daß besonders wenig druckfeste, doch spröde Partien derselben zuweilen nahe an die Belastungsgrenze gelangten. Noch mehr wäre dies bei der viel weniger druckfesten Kohle selbst der Fall. Dann müßte sie jedoch, besonders in den größeren und größten Tiefen das Treiben oder Schlagen (Abspringen) viel allgemeiner zeigen. Desgleichen müßten in Hausham in der Muldenmitte — da bei 700 bis 800 *m* Tiefe ein Schweredruck von 180—200 *kg/qcm* sich ergäbe — jedenfalls alle weichen Gesteine, wie Letten, milde Schiefertone und dergleichen, herausgepreßt, das heißt sie müßten treibend werden.

Es ergibt sich daraus, daß dieses Gewicht einer den Tiefen gleich hohen Gesteinssäule nicht ohne weiteres in Rechnung gesetzt werden kann, sondern daß der Druck hier im Gesteinzusammenhange in ganz anderer Weise zur Geltung gelangt, was wohl auch im voraus als wahrscheinlich anzunehmen war. Die Belastungsgrenze muß im Gebirgzusammenhange eine viel höhere sein.

Die Ungleichmäßigkeit, in welcher sich der Druck in Hausham in gleichen Tiefen der mehrere Kilometer betragenden streichenden Erstreckung der Grube äußert, die Gleichmäßigkeit andererseits in sehr verschiedenen Tiefen längs des Überwerfungsbogens, sogar der Mangel von solchen Äußerungen in der flachen Muldentiefe von 700 bis 800 *m* deutet sicherlich darauf hin, daß, wie im früheren schon auseinandergesetzt wurde, in erster Linie andere Kräfte als die Schwerkraft bei den dortigen Vorkommnissen ihr Spiel treiben.

Ähnlich wird es gewiß auch in manch anderen Gruben sein, insbesondere wo Spannungsäußerungen beim Vortrieb ins freie, unzerritzte Feld auftreten, doch möge lokal auch immerhin der Schweredruck eine Rolle spielen, bei größerer Tiefe, wenig druckfestem Gestein und sonstigen, seine Wirkung begünstigenden Lagerungs- und Gebirgsverhältnissen.

Wir haben ja im Vorangehenden Druckäußerungen beim Streckenvortrieb ins freie Feld kennen gelernt beim Kohlenbergbau in Sachsen, Oberschlesien, Ungarn, beim Erzbergbau in Böhmen, Indien, und sie werden sich gewiß noch an vielen anderen Stellen finden, die bisher in der Literatur nur nicht bekannt geworden sind, wenn man der Sache einmal im Detail und mit genauer Scheidung entsprechend ihrer Natur nachgehen wird. Es scheint jedoch, daß — wäre das Gewicht der überlastenden Massen dabei von vorwiegender und ausschlaggebender Bedeutung — die Erscheinung eine viel allgemeinere, zu den gewöhnlichsten Vorkommnissen des Bergbaues gehörende sein müßte.

Geradezu ausschließen müssen wird man jedoch wohl die Wirkung der Schwere in obertägigen Steinbrüchen. Die Überlagerung ist dazu viel zu gering. Die Ursachen mögen da tektonischer, vielleicht auch petrographischer Natur oder je nach dem Falle sonst auf anderen Gebieten zu suchen sein. Ähnlich dürfte dann auch im Bereiche der Gruben die Veranlassung eine verschiedene sein.

Überflüssig ist es, zu bemerken, daß es in jedem Falle immer einer speziellen Feststellung bedürfen wird, welche Kräfte als wirksam anzusehen möglich oder zwingend ist. Vorschnelles Verallgemeinern kann auch hier nur von Schaden sein. Einzelne Tatsachen oder beschränkte Reihen werden dabei wohl stets nur zu spekulativer Verwertung ausreichen. Das Verhalten in möglichst verschiedenen Niveaus auf größere horizontale Erstreckungen unter wechselnden Verhältnissen wird herangezogen werden müssen, um einen tunlichst zureichenden Schluß zu gestatten. Gerade das dürfte aber beim Bergbau am ehesten zu beobachten möglich sein.

---

Die Resultate unseres Versuches, die in Gebirgsschlägen aller Art sich äußernden Spannungen im Gestein uns zurechtzulegen, mögen daher in nachfolgendem nochmals kurz zusammengefaßt werden:

1. Die meisten der in der montanistischen Literatur beschriebenen Gebirgsschläge haben mit primären Spannungen des Gebirges sehr wenig oder gar nichts zu tun; sie sind einfache Folgen des Abbaues: Überlastung von allmählich zu schwach gewordenen Pfeilern oder Abbaufrenten durch größere Freilegung eines festen, tragfähigen Hangend. Sie wurden im Vorangehenden speziell „Pfeilerbrüche“ genannt.

Es ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen, daß, wenn auch noch primäre Spannungen vorhanden sind, diese dann den Vorgang noch unterstützen oder ihn früher zur Auslösung bringen.

2. Eine häufige Begleiterscheinung dieser Pfeilerbrüche in Kohle und der damit verbundenen plötzlichen Zermalmung größerer oder kleinerer Flözteile sind Gasausbrüche. Je nach der Menge der ausgeworfenen Kohle und je nach der Gashaltigkeit derselben sind diese Gasausbrüche sehr verschieden heftig. Ist das Gas unter sehr starkem Druck in der Kohle angehäuft, so kann anscheinend sogar

auch durch diesen Druck allein ein Gasausbruch erfolgen. Meist dürften sie jedoch mit einem vorangehenden Gebirgsschlag (besonders Pfeilerbruch) verbunden sein.

3. Zeigen sich Gebirgsspannungen, gekennzeichnet durch Zerknisterung des anstehenden Gesteins, durch Hereinwerfen von abgesprengten Gesteinsschalen, von Gesteins- oder Kohlentrümmern verschiedener Größe und mehr oder weniger zerkleinert unter stärkerem oder schwächerem Knall, beim Vortrieb von Strecken oder Querschlägen ins unverritzte Feld (natürlich auch beim Tunnelbau), so handelt es sich im Gegensatz zu den Pfeilerbrüchen um primären Gebirgsdruck, der wieder auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden kann, auf solche tektonischer Natur, auf den Schweredruck überlastender Gebirgsmassen, auf molekulare Veränderungen chemisch-petrographischer Natur, auf physikalische Vorgänge u. dgl. <sup>1)</sup>

Ist dieser Druck gering, kann er sich bei festem Gestein nicht äußern, bei weicherem höchstens durch „Blähen“ oder „Treiben“. Ist er sehr stark, wird dieses Blähen und Treiben milder Gebirgsschichten immer energischer. Feste, spröde Gesteine können bei Annäherung an ihre Belastungsgrenze „schlagend“, bei Überschreitung derselben explosionsartig zertrümmert werden.

Übergänge aller Art und Abstufungen sind natürlich möglich.

Welche Ursache wirksam ist, ist in jedem Falle gesondert festzustellen.

München, im Dezember 1913.

---

### Nachtrag.

Am 30. Januar 1914,  $\frac{1}{2}$  7 Uhr abends, fand auf der Zeche „Minister Achenbach“ bei Brambauer (Kreis Dortmund) eine heftige Schlagwetterexplosion statt, der 24 Menschenleben zum Opfer fielen. Da die Untersuchungen hierüber zur Zeit noch nicht abgeschlossen sind, kann vorläufig über die eigentliche Ursache des Ereignisses kein Urteil abgegeben werden. Im preußischen Abgeordnetenhaus teilte Handelsminister Sydow nur kurz mit <sup>2)</sup>, daß hier zweifelsohne eine Schlagwetter- und keine Kohlenstaubexplosion vorliege, daß die Herkunft der Schlagwetter nicht aufgeklärt sei, da die Flöze 19 und 21, der Schauplatz des Unglücks, vorher schlagwetterfrei waren. Der Kommissär der Ministerialabteilung habe bei seiner Befahrung in der Gegend von Flöz 19 eine Senkung gefunden, welche Risse zeigte; allerdings habe er damals keine Schlagwetter entdeckt.

---

<sup>1)</sup> P. I. Beger führt neuestens einen von ihm in der Zeitschr. f. prakt. Geol. 1914, pag. 193, beschriebenen Gebirgsschlag in einem Granitsteinbruch der Lausitz auf eine Kontraktionsspannung im Gestein zurück (Anm. während d. Korr.).

<sup>2)</sup> Nach der „Deutschen Bergwerkszeitung“ Nr. 29 vom 4. Februar 1914.

Nach einer dem Minister am gleichen Tage zugegangenen neuen Mitteilung habe aber der Bergrevierbeamte bei Befahrung tags vorher aus diesen Rissen das Hervortreten von Schlagwettern festgestellt. Es ist daher verfrüht, sich über Hergang und Ursachen zu äußern.

Nichtsdestoweniger versandte Professor Belar, Vorstand der Laibacher Erdbebenwarte, Anfang Februar an die Presse eine Erklärung, in der es heißt: „Es unterliegt keinem Zweifel, daß die in den jüngsten Tagen aufgetretene Grubenkatastrophe auf der Zeche „Minister Achenbach“ bei Dortmund, die Einstürze bei Beuthen in Oberschlesien und auf der Zeche „Fürst Leopold“ bei Dorsten durch die seit einer Woche (andere Leseart: einigen Wochen) in ganz Europa herrschende starke Bodenbewegung und durch die außerordentlich starken Fernbebenausläufer vom 30. Januar verursacht worden sind. Unsere Warte hat am 30. Januar das katastrophale Fernbeben bereits am frühen Vormittag angezeigt. Das Grubenunglück auf der Zeche „Minister Achenbach“ wäre leicht verhütet worden, wenn man an diesem Tage, an dem unser Warnungsruf noch rechtzeitig laut wurde, die vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln verdoppelt hätte“<sup>1)</sup>.

Also: Zweifel sind ausgeschlossen, die drei erwähnten Grubenunglücke sind auf starke Bodenbewegung und Fernbebenausläufer zurückzuführen.

Was man über den Fall „Minister Achenbach“ heute Sicheres weiß, wurde soeben erwähnt. Von der Gewerkschaft „Fürst Leopold“ erhalte ich die Mitteilung, daß am 30. Januar, vormittags 10 Uhr, der untere Teil eines 88 m hohen Aufbruches zu Bruche ging, die Ursache sei in dem ungünstigen Gestein (schnittigem Sandstein und in Wasser löslichem Schiefertone) zu suchen. Unter diesen Umständen scheint mir die Ursache in mikroseismischen Bodenbewegungen zu suchen etwas weit hergeholt. Sie liegt wohl viel näher.

Was endlich den Einsturz bei Beuthen betrifft, schreibt mir Herr Bergrat Knochenhauer in Kattowitz, daß es sich wahrscheinlich um einen Vorgang auf der Schlesiengrube handle, und zwar um das Niederbrechen der letzten Bergfeste zwischen zwei Gegenörtern beim Abteufen des 4. Schachtes, herbeigeführt offenbar durch eine glatte Gesteinsablösung an der Bruchstelle und die Erschütterung durch die Bohrmaschinen. Wenn man zudem bedenkt, daß hier beim Schacht-  
abteufen täglich mehrfach eine größere Anzahl von stark geladenen Sprengschüssen auf beiden Seiten der Bergfeste abgetan werden, muß man zugeben, daß gegenüber diesen gewaltigen Erschütterungen des Gebirges irgendeine Bodennruhe oder Fernbebenwirkung ganz verschwindet und überhaupt nicht in Betracht kommen kann.

Ein Echo hat diese Erklärung Prof. Belars jedoch in der preußischen, wie in der bayrischen Abgeordnetenversammlung gefunden.

<sup>1)</sup> Anklirgend an Forels etwas „pompös“ — wie Harzé bemerkt — Gesetz genannten Ausspruch: „Redoublez de précautions contre le grisou dans les jours qui suivent un grand tremblement de terre dont l'aire sismique s'est étendue jusqu'au territoire de votre mine.“

Insbesondere in letzterer glaubte der Abgeordnete Prof. Günther nachdrücklichst anregen zu müssen, daß „in jeder Grube, vor allem aber in solchen Bergwerken, die verdächtig sind, häufig schlagende Wetter zu erzeugen, ein genau arbeitender Erdbebenapparat aufgestellt wäre“<sup>1)</sup>. Für ihn sei es „zur Gewißheit geworden, daß unsere zahlreichen Grubenunglücke bis zu einem gewissen Grade durch einen gewissen Zustand der Erdrinde mit bedingt sind, den man gewöhnlich den der Bodenunruhe nennt und der in gewissen Zeiten eine ganz unerwartete und zurzeit auch wissenschaftlich noch nicht ganz klarzustellende Steigerung erfährt.“ Verstärkung von Schlagwetterbildung und möglicherweise ein Zusammenbruch kann die Folge sein. Wenn aber jede Grube einen Seismometer hätte, „dann wäre immerhin eine gewisse Gewähr dafür gegeben, daß ein solches Unglück nicht ganz unvorhergesehen und unvorbereitet eintreten kann“. Bei besonders starken Ausschlägen der Nadel „würde dann selbstverständlich vollständig von der Befahrung der Grube abgesehen und es würden alle Vorsichtsmaßregeln getroffen werden müssen“. Zuletzt bezeichnet er die Aufstellung von Seismometern doch nur als Versuch, der auch negativen Erfolg — wenn auch gegen seine Meinung — haben könnte.

Demgegenüber muß betont werden, daß ein Zusammenhang zwischen derartigen mikroseismischen Bodenbewegungen und der Auslösung irgendwelcher Ereignisse beim Bergbau in keinerlei Weise nachgewiesen, oder auch nur wahrscheinlich gemacht ist, und heute auch immer bloß ins Bereich der Vermutungen gehört.

Es ist ja sicherlich nicht ausgeschlossen, daß ein Erdbeben einmal auch in der Grube Schaden anrichtet, obzwar von solchen Wirkungen bisher nicht viel bekannt geworden ist, ja es sogar allgemein als Tatsache gilt, daß Erdbeben in der Grube merkwürdigerweise viel weniger gefühlt werden als obertags. Nach meinen vorangehenden Ausführungen wäre es sogar gewiß nicht unmöglich, daß auch eine schwächere Bodenbewegung als Relaiswirkung irgendeine labile Spannung frei machte. Bei dem soeben — wenn auch für einen akuterer Fall — erwähnten Umstände jedoch, als Flöz und Nebengestein einer Grube täglich mehrfach durch viele Sprengschüsse nach allen Richtungen durchschüttelt werden, müßte es wohl schon ein verhältnismäßig heftiges Beben sein, das eine noch größere Wirkung ausübte, also Spannungen zur Auslösung brächte, die durch diese künstlichen Erschütterungen noch nicht ausgelöst werden. Es müßte doch wohl erst der genügende Nachweis geliefert werden, daß dies trotzdem durch jene nur den feinsten Instrumenten fühlbaren „Bodenunruhen“ oder Fernbebenausläufer geschehen sollte. Das kann gewiß verlangt werden, ehe man von einer zweifelfreien Gewißheit spricht.

Ein einfaches post hoc, ergo propter hoc für einzeln herausgegriffene Fälle ist wohl hier um so weniger zulässig, als solche Bodenbewegungen — Bodenunruhen und schwache Beben, denn auch um solche handelt es sich — ja ein fast tägliches Vorkommen sind, und ebenso auch als eventuelle Folgen zu bezeichnende Ereignisse beim Berg-

<sup>1)</sup> Stenogr. Bericht der bayr. Kammer d. Abg. Nr. 227, v. 12. Februar 1914, S. 391.

bau — sie müssen ja nicht immer katastrophaler Natur sein und schwere Unglücksfälle nach sich ziehen — bei den in solchem Falle stets in Betracht kommenden großen Gefährdungsgebieten (oft ganze Staaten, ja Kontinente) ebenfalls eine tägliche Erscheinung sind. Es wird daher nicht allzu schwer sein, zu jeder Bodenbewegung ein zeitlich zusammenstimmendes Ereignis beim Bergbau aufzufinden, besonders wenn es zum Beispiel Unfälle in den Schwefelminen Siziliens sein können, bei stärkeren Stürmen in der Nordsee <sup>1)</sup>.

Professor Günther verlangt die Aufstellung von Seismometern auf jeder Grube, insbesondere den schlagwetterverdächtigen. Was damit erreicht werden soll, ist nicht recht klar. Selbst wenn der Zusammenhang schon erwiesen wäre, und wenn solche Seismometer eine wirksame Voranzeige gewährleisten, wäre doch eine zentrale Warte, mit entsprechenden Instrumenten ausgerüstet, von wissenschaftlich gebildeten Kräften mit der nötigen Sorgfalt und Sachkenntnis bedient, sicherlich viel zweckmäßiger als eine derartige Zersplitterung der Kräfte, die nie den Grad der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Instandhaltung und Beobachtung erreichen könnte, zumal es sich dabei ja um Äußerungen von Bodenbewegungen handelt, die nichts weniger als lokaler Natur, über oft weite Gebiete sich gleichmäßig ausdehnen.

Und solcher gut eingerichteter Warten, die speziell dem Bergbau dienen sollen, besitzen wir ja heute schon nicht wenige; es seien nur jene von Aachen <sup>2)</sup> (seit 1906), Bochum <sup>3)</sup> (seit 1908), Krietern (Oberschlesien), Claustal, Przibram u. a. erwähnt <sup>4)</sup>.

Es ergibt sich daraus, daß man beim Bergbau die Bodenbewegungen und ihr Studium durchaus nicht außer acht läßt. Irgendwelche nennenswerte Resultate auf obigem Gebiete sind aber bisher noch nicht erzielt worden.

Diese aber abzuwarten, wäre vielleicht zweckmäßiger gewesen, als durch vorschnelle Behauptungen, die doch immer nur persönliche Vermutungen bleiben, störend und verwirrend einzugreifen, und dadurch in der Öffentlichkeit Hoffnungen und Erwartungen zu erregen, die hinterher vielleicht doch nicht zu erfüllen sind, so sehr wir es wünschen würden.

München, Mitte Februar 1914.

---

<sup>1)</sup> Vgl. Belar, Erdbebenwarte, 1908. Bd. VII, pag. 113. — Wenn hier Belar zuletzt sagt: „Heute fehlt nur noch das Interesse und das Verständnis für diese Beobachtungen auf bergbaulicher Seite“, so kann die Versicherung gegeben werden, daß das allgemeine Verständnis sofort kommen wird, wenn die seismologischen Beweise oder selbst Wahrscheinlichkeiten nur etwas greifbarer geworden sein werden. Die ist man bis jetzt aber schuldig geblieben.

<sup>2)</sup> Haubmann, Die Erdbebenstation d. techn. Hochschule in Aachen. „Glückauf.“ 1907, pag. 801.

<sup>3)</sup> L. Mintrop, Die Erdbebenstation d. Westfäl. Berggewerkschaftskasse in Bochum. „Glückauf.“ 1909, pag. 393.

<sup>4)</sup> Daß auch auf einer der oberbayrischen Gruben ein Seismograph kürzlich aufgestellt wurde, wurde schon erwähnt.

### Weitere Nachträge während der Korrektur:

Inzwischen haben auch einige Fachmänner von seismologischer Seite zu der durch diese Geschehnisse auf „Minister Achenbach“ angeregten Frage eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen mikro-seismischen Bodenunruhen und Fernbebenausläufern einerseits, sowie Schlagwetterexplosionen andererseits Stellung genommen, wobei nur zu bemerken ist, daß zu einer Schlagwetterexplosion nicht nur das Vorhandensein von entsprechenden Schlagwettermengen gehört, deren Auftreten in größerer Menge als Folge der erwähnten mikro-seismischen Bodenbewegungen eben behauptet wird, sondern auch der gewiß rein zufällige zündende Funke, der sicherlich mit letzteren nichts zu tun hat.

Es müßte daher korrekter eigentlich nachgewiesen werden, daß zu den mikro-seismisch unruhigen Zeiten weitaus mehr Gase in den Grubenräumen vorhanden sind, als normal. Meines Wissens ist eine derartige Beobachtung noch nie gemacht worden, trotz der hunderttausende von Sicherheitslampen, die in Deutschland allein täglich brennen und eine solche auffallende Vermehrung unfehlbar anzeigen müßten, zumal ja letztere nicht bloß lokal auftreten könnte, sondern der Natur der Verbreitung der Bodenunruhen entsprechend, ganze Länder und Kontinente umfassen müßte.

Veranlaßt durch die dem genannten Unglücke vom 30. Januar 1914 folgenden Erklärungen und Erörterungen in den Tageszeitungen veröffentlichte im Heft 9 vom 28. Februar 1914, 50. Jahrg. der Zeitschrift „Glückauf“ in Essen der Leiter der Berggewerkschaftl. Erdbebenwarte in Bochum, Dr. L. Mintrop einen eingehenden Aufsatz mit ausführlichen statistischen Zahlentafeln über diesen Zusammenhang, dessen Ergebnisse er schließlich folgendermaßen zusammenfaßt: „Aus den vorstehenden Untersuchungen hat sich ergeben, daß zwischen Erdbeben und Schlagwetterexplosionen kein Zusammenhang besteht. Die Erscheinung, daß Erdbeben und Schlagwetterexplosionen vielfach zeitlich annähernd zusammenfallen, ist ganz zufällig und nicht häufiger, als nach der Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintrittes zweier voneinander unabhängiger Erscheinungen erwartet werden kann. Ebenso hat sich kein Einfluß der Bodenunruhe (mikro-seismische Unruhe) ergeben. Auf die Häufigkeit der Unfälle durch Stein- und Kohlenfall sind Erdbeben und Bodenunruhe im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk ebenfalls ohne nachweisbaren Einfluß.“

Auch die in diesem Aufsätze angeführte Preßeäußerung des Leiters der Potsdamer Erdbebenwarte, Prof. Dr. W. Schweydar, in Nr. 65 des „Berliner Tageblattes“ vom 5. Februar 1914, die ich erst infolge und nach dieser Mintropschen Abhandlung zu Gesicht bekam, geht dahin, daß es nicht gut denkbar sei, daß das Unglück auf Zeche Achenbach auf Erdbebenausläufer oder Bodenunruhen zurückzuführen sei. Auch hält er es „für ganz ausgeschlossen, daß man

auf Grund von Erdbebenregistrierungen Grubenbesitzer vor Katastrophen warnen kann“.

„Es ist richtig“, fährt Prof. Schweydar fort, „daß am Unglückstage größere Bodenunruhen konstatiert worden sind, die aber nur der empfindlichste Seismograph durch Zittern angibt. Nach der heutigen Kenntnis der Wirkungsweise derartiger Erschütterungen der Erde ist es nicht möglich zu behaupten, daß durch sie ein Grubenunglück zustandekommen konnte“.

Desgleichen teilt, an gleicher Stelle bei Mintrop angeführt, Prof. Dr. Gg. von dem Borne, der Leiter der Erdbebenwarte von Krietern bei Breslau, in der Schles. Zeitg. vom 13. Februar 1914 mit, daß seine Erdbebendiagramme vom Jahre 1908 bis 1911 bezüglich eines Zusammenhanges „ein völlig verneinendes Ergebnis“ hatten. „Die wenigen Fälle eines Zusammentreffens von Erdbeben und Aufflammungen, die tatsächlich vorkommen, stellen sich in völlig zweifelloser Weise als Zufälle dar, wie sie nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung von vornherein zu erwarten waren.“ Er meint schließlich ebenfalls, daß noch eine weitere Untersuchung nötig wäre, um einen Zusammenhang zwischen den Schwankungen des Gehaltes der Grubengasluft an Methan und der Seismizität festzustellen.

Und in einem späteren Aufsätze in der Zeitschr. des Oberschles. Berg- und Hüttenmänn. Vereines (Märzheft 1914, pag. 101) resümiert er: „Wir dürfen schließen: seismische Vorgänge üben bei uns einen nachweisbaren Einfluß auf Schlagwetteraufflammungen nicht aus. Ein seismischer Warnungsdienst zur Bekämpfung der Schlagwettergefahr ist deshalb zwecklos.“

München, im Juni 1914.