

Grubenexplosionen.

Von

DR. A. KAUER.

Vortrag, gehalten am 19. März 1869.

Wenn ich mir erlaube, in der nachfolgenden Besprechung ein mehr technisches Thema zu behandeln, so haben mich dazu einerseits die von Zeit zu Zeit eintretenden Unglücksfälle, welche durch Grubenexplosionen verursacht werden, und andererseits die Erwägung dazu veranlasst, dass ja die Wissenschaft dort in einem schönen Lichte erscheint, wo sie der bedrängten Menschheit als rettender Genius beispringt. Die Grubenexplosionen dürften wohl mit zu den grössten Gefahren gehören, die den Bergarbeiter bedrohen, die sein wenig beneidenswerthes Loos, dem goldenen Tageslichte entrückt, in der Tiefe zu schaffen, durch die stete Todesgefahr noch härter machen. Es dürfte daher nicht uninteressant sein, die Frage zu beantworten: Was hat die Wissenschaft für Hilfsmittel geboten, diesen Explosionen vorzubeugen, oder ihnen rechtzeitig zu entgehen?

Bevor ich jedoch zu der unmittelbaren Beantwortung dieser Frage schreite, will ich die Veranlassung zu derlei Explosionen etwas näher ins Auge fassen. Die Luftarten eines Bergwerkes, die der Berg-

mann kurzweg *Wetter* nennt, weichen häufig von der Beschaffenheit der äusseren Luft ab, indem sich aus dem Boden oder aus dem Flötze allerhand Gase entwickeln, welche die *Wetter* verändern. Zu den am häufigsten auftretenden schädlichen Gasen gehören die Kohlensäure und das Grubengas. Insoferne die Kohlensäure bei der Explosion sich bildet, will ich nur mit wenigen Worten ihre Eigenschaften auseinandersetzen. Die Kohlensäure wird von den Bergleuten mit der Benennung böse *Wette* oder schwerer *Schwaden* bezeichnet; sie ist schwerer als Luft, sammelt sich daher zunächst am Boden an; sie ist schädlich durch Verdrängung des Sauerstoffs, und auch mit Luft gemischt eingeathmet wirkt sie verderblich; leicht wird sie erkannt, ein hineingetauchtes Licht erlischt sofort, freilich auch so schnell das Leben dessen, der das Unglück gehabt hat, in eine solche Schichte zu gerathen. Die Kohlensäure tritt nicht leicht plötzlich und massenhaft auf, sie sammelt sich nur allmählig in verlassenem Gesenken, in alten Bauen oder in dem sog. alten *Manne* an. Mit einiger Vorsicht beim Betreten dieser Räume lässt sich Unglück vermeiden. Weit gefährlicher sind die schlagenden *Wetter*; sie entstehen, wenn ein brennbares Gas, das Grubengas, in den Grubenräumen sich ansammelt, welches Gas mit Luft gemischt mit dem Sauerstoff derselben ein explodirendes Gemenge bildet. Wenn dieses Gemenge irgendwo eine Flamme trifft, so erfolgt die Entzündung momentan durch die ganze Masse.

Die Steinkohlenbergwerke sind vorzugsweise die Orte, wo das Grubengas mehr oder weniger auftritt, wiewohl es hie und da aus der Erde ausströmt. In dieser Hinsicht sind bemerkenswerth: Die brennende Fontaine in der Dauphinée; die Grubengasausströmungen längs den Apenninen, so in Pietra mala, Barigazzo, Bologna und Parma; aus dem Brunnen im Campo St. Paolo in Venedig entweicht ein Gasgemenge, welches aus 80 Volumen Grubengas, 4 Volumen Kohlensäure und 16 Volumen Stickstoff besteht; die berühmtesten Grubengasausströmungen sind die in der Umgebung von Baku; dort brennen sie als heilige Feuer schon seit den ältesten Zeiten und wurden als solche verehrt; wer könnte es auch einfachen Naturmenschen verargen, eine Flamme, die jahraus jahrein aus dem Boden emporschlägt, ohne ersichtlich durch ein Brennmaterial unterhalten zu werden, für wunderbar zu halten? Die Wissenschaft jedoch hält ihre Recipienten über die heiligen Feuer und weist das Ausströmen eines Gases nach, das aus Grubengas und einer geringen Meuge Naphtadämpfen besteht, welche Gase auf ein Kohlenflötz oder auf Petroleumquellen in der Tiefe vermuthen lassen. Solche Grubengasausströmungen finden sich auch in Amerika z. B. in der Nähe von Fredonia, der praktische Sinn der Amerikaner hat bald eine Anwendung dafür gefunden, sie sammeln das Gas in Gasometern an und verwenden es als Leuchtgas.

Wenn wir der Entstehung des Grubengases nachforschen, so fällt uns sogleich das Vorkommen desselben in Sümpfen und in stehenden Gewässern auf, wo hineingefallenes Laub und andere organische Substanzen unter Wasser bei Abschluss der Luft verwesen; bekanntlich steigen Blasen eines brennbaren Gases aus dem Schlamme solcher Wässer auf, wenn man mit einem Stocke die Schlammsschichte durchstösst, man nennt dieses Gas Sumpfgas; eine genaue chemische Untersuchung hat gelehrt, dass es mit Grubengas identisch ist, und eben so wie dieses aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht; wegen des geringen Gewichtes heisst es auch leichter Kohlenwasserstoff. Da auch das Leuchtgas zum grossen Theil aus leichtem Kohlenwasserstoff besteht, so ist über den organischen Ursprung dieses Gases kein Zweifel.

Das Vorkommen in Steinkohlenbergwerken lässt das Grubengas als ein Verwesungsproduct der Steinkohlen erkennen. Es ist kaum ein Zweifel dagegen zu erheben, dass die Steinkohlen ein Zersetzungsproduct der Holzfaser sind, dass sie ein Glied in jener ewig sich erneuernden Umgestaltung der Materie sind, die wir als Kreislauf des Kohlenstoffs kennen. Man kann sich das Entstehen der Steinkohlen so vorstellen, wie sich die Torflager hentzutage noch immer vor unseren Augen bilden und sich ebenso von jeher gebildet haben. Wenn der Boden irgend einer Gegend flache Becken von grösserem oder kleinerem Umfange bildet, in

welchen das angesammelte Wasser durch unterdrückten Abfluss oder gänzlichen Mangel desselben genöthigt wird, längere Zeit zu stagnieren oder ein Moor zu bilden, was in der gemässigten Zone wegen der geringeren Verdunstung vorzugsweise der Fall ist, so werden Wasserpflanzen aller Art, Seggen, Binsen, Riedgräser, Algen, Najaden, Moose, sogar strauchartige Pflanzen, wie Weiden u. a. einen so günstigen Standort benützen und allmähig eine dichte Vegetationsdecke bilden. Mit dem Wechsel der Jahreszeit absterbend, wird sie auf den Boden sinken, um im Frühjahre einen neuen Raum zu geben, ein Spiel, welches sich so lange wiederholt, bis der Sumpf endlich, freilich auf eine wenig solide Weise, ausgefüllt wird. Die unter Wasser getauchten Reste der Pflanzen gehen nun durch Vermoderung einer raschen Veränderung entgegen. Unter Entwicklung von Gasen (Sumpfgas, Kohlensäure), Ausstossen von unangenehmen, zum Theil schädlichen Gerüchen und gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff, sowohl aus der Atmosphäre als auch durch Reduction in der Umgebung befindlicher Verbindungen z. B. schwefelsaurer Salze, verlieren jene Reste ihre ursprüngliche Festigkeit, werden braun und mürbe und zerfallen endlich zu einem schwarzbraunen, erdigen Schlamm. Pflanzenreste der Art, sie mögen in der Vermoderung noch begriffen sein oder diese bereits vollendet haben, nennt man Torf. Entgegengesetzt diesem ruhigen Walten der heutigen Natur, hat dieselbe in der ge-

räuschvollen Thätigkeit ihres jugendlichen Alters Ähnliches geschaffen. Die Wissenschaft der Genesis des Erdkörpers belehrt uns, dass zu einer Zeit der Planet — auf eine gewisse Temperatur erkaltet, welche den vorher zur Atmosphäre gehörigen Dämpfen gestattete sich niederzuschlagen, — von einem Ocean ohne Ufer auf seiner so weit erstarrten Oberfläche überfluthet war, einem Weltmeer im eigentlichen Sinne des Wortes, während noch immer der innere Erdkern sich in glühendem Fluss befand. Dieser, vor seinem Erkalten stets enger und massiver werdende Steinmantel, mit unermesslicher Gewalt zusammengepresst, unnachgiebig und aller Elasticität bar, sprengt endlich die Bande, sucht in seinem Drange aus tausend Ritzen hervorzuströmen das Freie, um zu Hervorragungen zu erstarren, welche alsdann im Weltmeere als ebensoviele Inseln erschienen. Eingetretene Ruhe, mehr als treibhausartige Wärme, und eine kohlenstoffreiche Atmosphäre erweckten eine Inselflora von riesenhafter Entfaltung, aber auf unsicherem Boden; denn das vorige Spiel wiederholte sich, neue Hebungen des Meeresgrundes verengten allmählig seine Stätte und stauten die Gewässer über die Inselwälder hinweg, um diese unter den Massen von Schlamm und Bodensatz zu begraben, oder nach ruhigen Orten des Meeres weiterzuschwemmen. Wahrscheinlich sind die so oft zahlreichen Bänke der Flötze nur Wiederholungen desselben Vorganges. Die vorhandene Wärme und

Feuchtigkeit liessen die begrabene Vegetation einer eingreifenden Vermoderung entgegengehen.

Es wäre übrigens zu weit gegangen, die Kohlenbildung in der Jetztzeit in Abrede zu stellen, nachdem Lyell gezeigt hat, dass sie, obwohl auf andere Weise noch immer stattfindet. Die grossen Ströme des amerikanischen Continents, fern von aller Cultur, künstlicher Eindämmung und Correction, mit unregelmäßigem Ungestüm ausgedehnte Wälder bald durch Überschwemmung bald durch Uferbrüche verwüstend, führen besonders zur Zeit des hohen Wassers Massen von Bäumen mit sich fort, deren Wurzeln die spülende Strömung vom Boden entblösst hat. Durch den Aufenthalt im Wasser, welchen Hindernisse mannichfacher Art verlängern, allmählig zu schwer geworden, um flott bleiben zu können, wird ein grosser Theil, der nicht als Treibholz vom Meere weiter getrieben wird, im Delta der Mündung mit den Gesteintrümmern abgesetzt, die der Fluss unaufhaltsam aus dem Innern nach der Küste führt und unter Schlamm und Sand versenkt, um dieselbe Veränderung zu erfahren, wie im vorigen Fall. Diese Veränderung ist, ähnlich wie beim Torfe, rein chemischer Natur, bedingt durch die Gegenwart der Erdfuchtigkeit, einen unterdrückten Zutritt der atmosphärischen Luft und den zum Theil enormen Druck der darüber lastenden Schichte der Bergart.

Die Holzfaser besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, beim Verbrennen derselben

bleibt noch eine bestimmte Menge Asche, welche mineralischer Natur ist. Dieselben Bestandtheile finden wir im Torfe und in den Kohlen; je älter dieselben sind, desto mehr ist der Kohlenstoff vorherrschend, in jüngeren Kohlen, den Braunkohlen, sind Wasserstoff und Sauerstoff noch in namhafter Menge vorhanden, wie aus folgender Tabelle erhellt.

Bezeichnung der Stoffe	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Holzfasern	52·65	5·25	42·10
Torf	60·44	5·96	33·60
Lignit	66·96	5·27	27·76
Erdige Braunkohle	74·18	5·89	19·90
Steinkohle von St. Colombe	76·18	5·64	18·07
„ „ R. de gier	90·50	5·05	4·40
Anthracit	92·85	3·96	3·19

Das Vortreten des Kohlenstoffs erklärt sich durch den successiven Austritt von Wasser, Sauerstoff und theilweise auch Kohlenstoff. Das Hauptmoment der fortschreitenden Zersetzung des versunkenen Holzes ist die Bildung von Kohlensäure aus dessen eigenen Bestandtheilen. Bei den Braunkohlen, wo der atmosphärische Sauerstoff nicht so vollkommen abgeschlossen ist, bemächtigt sich dieser noch eines Theils des Wasserstoffs, den er oxydirt; eine Einwirkung, welche bei den Steinkohlen wegfällt. Hier ist ein reines Zerfallen der Holzfasern in die vier Producte: Kohlensäure, Wasser, Grubengas und Steinkohle. Die

Kohlensäure tritt in den so häufigen Sauerlingen der kohlenführenden Ablagerungen auf, das Grubengas findet man als Hauptbestandtheil der schlagenden Wetter. Das Gas findet sich nämlich in manchen Steinkohlenlagern in Höhlungen eingeschlossen, gelangt beim Abbau der Lager aus den Höhlungen in die Gruben und entweicht aus frisch gebrochenen Steinkohlen.

Die Eigenschaften des Grubengases sind kurz zusammengefasst die folgenden: Es ist ein farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack und ist leichter als Luft. Es unterhält das Brennen und daher auch das Athmen nicht; es ist sehr brennbar und verbrennt mit wenig leuchtender Flamme; seine Anzündungstemperatur liegt sehr hoch. Wasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas und schweres Kohlenwasserstoffgas lassen sich alle durch einen dunkelrothglühenden Glasstab entzünden, aber um das leichte Kohlenwasserstoffgas zu entzünden, muss der Glasstab ganz hellroth oder weiss glühen.

Mengt man das Gas mit der zum Verbrennen nöthigen Menge von Sauerstoffgas oder Luft — 1 Volum bedarf 2 Volume Sauerstoff oder 10 Volume Luft — so kann die Verbrennung durch den elektrischen Funken herbeigeführt werden; das Gemenge verpufft oder explodirt. Es findet aber keine Explosion statt, wenn das Gas mit einer viel kleineren oder viel grösseren Menge von Luft gemischt ist. Mit 3 oder 4 Volumen explodirt es nicht, mit $5\frac{1}{2}$ bis

6 Volumen explodirt es schwach, mit 8 bis 10 Volumen explodirt es am heftigsten. Mit 14 Volumen Luft ist das Gemisch noch explosiv, aber mit einer grösseren Menge Luft brennt es nur über der Flamme einer eingetauchten Kerze. Die grosse Menge Luft, welche dann dem Gase beigemischt ist, absorhirt so viel Wärme, dass sich das umgebende Gas nicht auf die zum Verbrennen erforderliche Temperatur erhitzen kann.

Das Auftreten des Grubeugases in Steinkohlengruben und die daraus sich bildenden schlagenden Wetter sind verschieden. Oft entwickeln sich die schlagenden Wetter plötzlich und heftig, oft nur allmählig. Diese plötzliche Entwicklung (meistens aus den sogenannten Bläsern, Klüften im Kohlen-sandsteine und Schieferthone) findet zuweilen in solcher Ausdehnung statt, dass die Atmosphäre der Grubenbaue binnen wenigen Minuten bis auf eine englische Meile Entfernung hin explosiv wird. Es sind sogar einige Fälle in noch frischer Erinnerung, in denen ein ungeheurer Raum binnen wenigen Secunden in dieser Weise gefährdet wurde. Gewöhnlich aber entwickelt sich das explosive Gasgemisch in Folge eines Firstenbruches, eines Eingehens des Hangenden, eines Bruches in den Seitenstössen, oder im Liegenden, einer Strecke oder eines Abbaupunktes, oder aus Klüften, Rücken, Verwerfungen und anderen Störungen der Flötze, sowie aus Höhlungen in den letzteren,

aus Ablösungen des Nebengesteins und aus der Kohle selbst, und macht durch Beimischung zu gewöhnlichen guten Wetteru einer Grube die ganze Atmosphäre derselben schlagend. Ein solches Gasgemisch breitet sich mit dem Wetterzuge langsam aus, bis es auf eine ungeschützte Flamme trifft und vernichtet dann, möglicher Weise kaum eine Stunde nach seiner Entwicklung, manches Menschenleben.

Eine Quelle grosser Gefahr bildet jener Zustand der Grubenwetter, welcher durch das allmälische Hervordringen des Gases aus der Kohle verursacht wird. Beim Befahren eines solchen Baues hört man fortwährend ein knisterndes, dem Zirpen einer Grille entfernt zu vergleichendes Geräusch. In manchen Gruben kann ein diesem eigenthümlichen Geräusche (dem sogenannten Krebsen) ähnlicher Ton allerdings auch durch das Niederfallen von Schieferbruchstückchen oder vom Zerspringen der Kohle hervorgebracht werden; allein ein geübtes Ohr erkennt den Unterschied sehr bald. Sollten im freien Wetterwechsel irgend welche Störungen oder Hindernisse auftreten, so werden die Wetter in Folge dieser langsamen Gasentwicklung (des Blutens, *bleeding*, der Steinkohle, wie der nordenglische Kohlenbergmann sich ausdrückt) sehr allmälisch bis zu der Beschaffenheit, bei welcher sie schlagend werden, verdorben; oder es ist auch möglich, dass in Folge einer durch allmäliges Fallen des Barometers sich kundgebenden Veränderung im atmosphärischen Drucke ein allmäliges

Hervordringen von Grubengas aus einem Firstenbruche oder einem Setzen des Hangenden, aus Klüften und Ablösungen u. s. w. stattfindet, was dann, wenn diese Erscheinung auch scheinbar noch so unbedeutend ist, in solcher Ausdehnung der Fall sein kann, dass die ganzen Wetter eines Baues schlagend werden, wenn auf demselben nicht ein sehr guter lebhafter Wetterwechsel statt findet.

Nach Dickinsons Mittheilungen sind die durch den Abbau ausgehauenen Räume in den Gruben in Lancashire, Cheshire und Nordwales, in der Regel, wenn kein frischer Wetterzug hindurchgeht, gänzlich mit schlagenden Wettern angefüllt, doch sind diese zu wenig mit atmosphärischer Luft vermengt, um sich entzünden zu können und daher weniger gefährlich, als die Anhäufungen schlagender Wetter in solchen alten Bauen, durch welche noch ein Theil des Wetterstromes geht. Es sind Fälle vorgekommen, dass es in dem mit Grubengas angefüllten alten Manne längs der Grenze des noch nicht verhauenen Kohlenstosses, brannte, die Entzündung aber sich nicht weiter als auf eine Breite von 3 bis 6 Fuss fortzupflanzen vermochte.

Das Grubengas wirkt aber auch dadurch schädlich, dass es das Athmen nicht zu unterhalten vermag. Enthält die Luft sehr viel schlagende Wetter, so geht der Puls des Menschen rascher, er steigt auf 85, 100 ja selbst 120 Schläge in der Minute, wie es immer der Fall ist, wenn der Athmungsprocess durch irgend einen Umstand erschwert

wird. Man kann sich in derartigen Wettern nur etwa 5 Minuten aufhalten, bei längerem Verweilen stürzt man nieder und ist ausser Stande, Athem zu holen. In schlagenden Wettern, welche mit so wenig atmosphärischer Luft gemengt sind, dass die Entzündlichkeit aufhört, kann es der Mensch nicht aushalten.

Viel grösser sind jedoch die Gefahren einer Explosion; die enorme Hitze bringt hochgradige Verbrennungen hervor; im Centrum der Explosion war die Hitze mitunter so gross, dass die Wände des Flötzes verkoakt erschienen. Eine weitere Gefahr ist die heftige Erschütterung, durch welche häufig Einstürze und Verschüttungen verursacht werden. Endlich sind die bei der Explosion entstandenen Gase höchst schädlich. Das verbrennende Gas hat den Sauerstoff der Luft verbraucht und nur den nicht respirablen Stickstoff zurückgelassen, es hat überdies ein der Respiration schädliches Gas, die Kohlensäure geliefert. Nach einer Explosion bemerkt man auch massenhafte feine Kohlentheilchen in der Luft, die sich beim Einathmen an die Lungen anlegen und so schädlich werden. Diese Producte der Explosionen nennen die englischen Bergleute Afterdamp und es ist constatirt, dass von den vielen Opfern bei Grubenexplosionen 70 Procente auf die schädlichen Wirkungen des Afterdamps kommen.

Wenden wir uns nun den Schutzmitteln zu, welche man gegen diese Grubenexplosionen in Vorschlag gebracht hat. Es unterliegt wohl keinem Zweifel,

dass eine schnelle und gänzliche Wegschaffung des Grubengases aus den Grubenräumen das einzige sichere Mittel ist, die Explosionen zu verhüten; wenn ich im Nachfolgenden doch länger bei den sogenannten Wetterindicatoren verweile, so geschieht es deswegen, weil ihre Anzeigen von dem Auftreten und der Verbreitung des Grubengases von grosser Wichtigkeit für den Betrieb jener Vorkehrungen sind, die eben zur Wegschaffung der verdorbenen Wetter in Anwendung kommen. Das Wegschaffen der verdorbenen Wetter kann nur durch Ventilation geschehen, die entweder in einem geschickt eingeleiteten natürlichen Wetterzuge besteht oder durch künstliche Ventilationsvorrichtungen erzielt wird. Es würde mich zu weit führen, alle derartigen Ventilationsvorrichtungen zu besprechen, und ich muss hierüber auf die technischen Fachblätter verweisen; nur im Allgemeinen will ich andeuten, dass diese künstlichen Ventilationen entweder durch Feuerung, sogenannte Wetterherde oder durch mechanische Ventilatoren mittelst Dampfkraft, oder endlich dadurch bewerkstelligt werden, dass man in den Wetterschacht einen Dampfstrahl einströmen lässt und auf diese Weise den Wetterzug beschleunigt, so wie es bei einer Locomotive der Fall ist, wo der ausgediente Dampf in den Schornstein geleitet wird, um den Zug desselben zu erhöhen. Die Wetterherde sind vorzüglich in England, die Ventilatoren hingegen in Belgien und in Deutschland im Gebrauche. Wie sehr es nothwendig ist, die Ventila-

tion in jenen Gruben, welche schlagende Wetter entwickeln, ununterbrochen zu unterhalten, mag folgender Vorfall beweisen, der sich vor 50 Jahren in den Steinkohlengruben zu Charleroi ereignete: Ein Regierungs-Bergbeamter, welcher mit der Beaufsichtigung der Gruben beauftragt war und die schlagenden Wetter kannte, hatte beim Durchblättern der von seinem Vorgänger geführten Acten gefunden, dass alle Explosionen sich Montags ereigneten; der Aberglaube, immer ein Begleiter der Unwissenheit, stempelte den Montag bald zu einem Unglückstag; unser Beamter jedoch schloss ganz richtig, dass die Explosionen eine Folge der Unterbrechung des Betriebes und der Nichtunterhaltung des Wetterofens am Sonntage waren; er ordnete daher einen ununterbrochenen Wetterzug an, und der Montag hörte auf, ein Unglückstag zu sein.

Der englische Naturforscher Humphry Davy, war der erste, der einen Wetterindicator in Vorschlag brachte, welcher zugleich ein Schutzmittel gegen Explosionen sein sollte. Das englische Parlament hat den Grubenexplosionen wiederholt seine Aufmerksamkeit zugewendet und einen besonderen Ausschuss erwählt, um die Ursachen der zahlreichen Unglücksfälle in den brittischen Kohlengruben zu untersuchen und Vorschläge zu machen, wie denselben am besten vorzubeugen wäre. Sir Humphry Davy beschäftigte sich im Jahre 1816, mit der Untersuchung über die Natur der Flamme und bei dieser Gelegenheit brachte

er die nach ihm benannte Sicherheitslampe in Vorschlag. Die Sicherheitslampe ist noch immer im Gebrauche und viele Gruben können nur mit ihr befahren werden; die geehrten Zuhörer werden mir daher gestatten, Einiges zur Erläuterung derselben vorzubringen. Sie werden bemerken, dass eine Gasflamme niedergedrückt wird, wenn ich ein Drahtgitter in dieselbe halte; oberhalb des Gitters findet keine Verbrennung statt; lasse ich das Gas bei seinem Ausströmen zuerst durch ein Gitter gehen und entzünde es oberhalb desselben, so pflanzt sich die Verbrennung des Gases unter das Gitter nicht fort. Die Gastheilchen, welche zum Verbrennen kommen sollen, müssen nämlich bis zu einer gewissen Temperatur erwärmt werden; wird ihnen diese Wärme entzogen, so brennen sie nicht mehr; diese Wärme entzieht ihnen aber das Drahtgitter als guter Wärmeleiter. Humphry Davy umgab daher die gewöhnliche Grubenlampe mit einem dichten Drahtgitter; werden die Wetter schlagend und dringen sie durch das Drahtgitter ein, so erfolgt wohl innerhalb des Gitters die Explosion, durch das Gitter jedoch kann sie sich nicht fortpflanzen. Mit dieser Lampe kann man mitten in die schlagenden Wetter eindringen; sie dient also als Schutzmittel und als Indicator, im letzteren Sinne freilich nur, wenn die Gefahr gerade am grössten ist. Humphry Davy selbst gibt schon an, dass die Sicherheitslampe nicht mehr schützt, wenn das Gitter von einem Wetterzuge getroffen wird, dann dringt die Explosion auch durch das Gitter und

verbreitet sich durch die ganze Grube; trotz der vielfachen Verbesserungen an der Sicherheitslampe kann doch nicht verschwiegen werden, dass die Grubenexplosionen nach Einführung derselben nicht geringer, sondern vielmehr zahlreicher geworden sind, was wohl darin eine theilweise Erklärung findet, dass vor Einführung der Sicherheitslampe Gruben mit schlagenden Wettern gar nicht abgebaut werden konnten und dass die Sorglosigkeit und der Aberwitz der Bergarbeiter die angegebenen Vorsichtsmassregeln ausser Acht liessen. Das Problem, wie Grubenexplosionen rechtzeitig verhindert werden können, wurde also durch Einführung der Sicherheitslampe nicht gelöst.

In der neuesten Zeit hat Ansell einen Wetterindicator für schlagende und einen für böse Wetter construiert, der schon viele Vorzüge besitzt, namentlich den, dass er die herannahende Gefahr schon anzeigt, bevor die Wetter schlagend oder sonst schädlich geworden sind, der also rechtzeitig warnt, die passenden Gegenmassregeln, vor Allem erhöhte Ventilation, in Anwendung zu bringen.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass zwei verschiedene, in zwei besonderen, durch ein enges Rohr mit einander verbundenen oder durch poröse Scheidewände (Diaphragmen) von einander getrennten Gefässen enthaltenen Gase sich allmählich mit einander mischen, bis sie in beiden Gefässen ein gleichmässiges Gemisch bilden. Diese Diffusion der Gase,

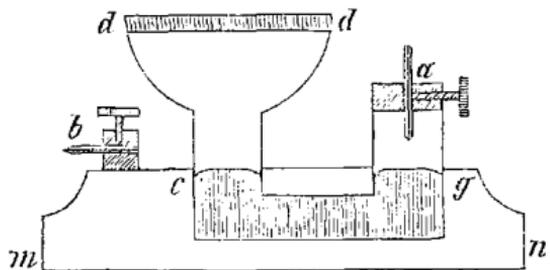
wie die Erscheinung bezeichnet wird — welche zuerst von Priestley beobachtet, später (i. J. 1825) von Berthollet und Döbereiner zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht und in neuer Zeit namentlich von Graham und Anderen näher studirt worden ist, findet mit einer, jedem Gase eigenthümlichen Geschwindigkeit statt, welche dieselbe bleibt, mag nun das bestehende Gas in einen leeren oder in einen mit einem anderen Gase erfüllten Raum eindringen.

Graham wendete bei seinen früheren Diffusionsversuchen ein einfaches Instrument, ein Diffusiometer an, welches in einem geraden, cylindrischen, an seinem einen Ende mit einer porösen (aus Gyps, Graphit oder ähnlicher Materie bestehenden) Platte verschlossenen Glasrohre besteht, das mit dem auf sein Diffusionsvermögen zu prüfenden Gase gefüllt und mit seinem offenen Ende in ein mit Wasser oder Quecksilber gefülltes Gefäss eingesenkt wird. Füllt man ein solches Diffusiometer mit Grubengas und stellt sein unteres Ende in ein Wasser enthaltendes Gefäss, so diffundirt das Gas nach Aussen — in die Atmosphäre — mit weit grösserer Geschwindigkeit als die atmosphärische Luft von Aussen durch das poröse Diaphragma in den Cylinder eindringt, so dass das Wasser binnen wenigen Minuten in dem letzteren mehrere Zoll hoch emporsteigt. Diese Erscheinung ist es, welche Ansell bei der Construction seines „Indicators für schlagende Wetter“ benutzt hat. Derselbe fand nämlich bei seinen Untersuchungen, dass die Gase nicht allein durch

Substanzen hindurch diffundiren, die als porös bekannt sind, sondern auch durch solche Körper, welche, wie Kautschuk, bis ganz neuerlich für vollkommen homogener Natur gehalten wurden. Noch merkwürdiger ist die von ihm gemachte Beobachtung, dass selbst Kohlensäure ebenso rasch durch Kautschuk hindurch diffundirt, als die leichteren Gase.

Bei den früheren Formen seines Indicators benutzte Ansell diese Eigenschaft des Kautschuks; indessen hat er jetzt die Verwendung dieser Substanz aufgegeben und nimmt statt derselben Thon oder Marmor als Diaphragma. Der Apparat selbst ist sehr compendiös;

die bestehende Figur gibt einen verticalen Durchschnitt davon in der halben natürlichen



Grösse. Er besteht aus einer kreisförmigen Fussplatte *m n* aus Gusseisen, die bis auf eine communicirende Röhre *e g* massiv ist; an dem einen Ende ist diese Röhre mittelst eines eisernen Trichters abgeschlossen, in dessen weitere Mündung das poröse Diaphragma *d d* eingekittet ist; das andere Ende der Röhre mündet bei *g* in eine Glasröhre, welche bei *b* eine Messingkappe trägt, in der ein nach unten verplatinirter Kupferdraht mittelst einer Klemmschraube

höher oder niedriger gestellt werden kann. Das Communicationsrohr wird mit Quecksilber gefüllt, so dass bei *g* zwischen der Quecksilberfläche und dem eingeklemmten Drahte ein beliebig grosser Zwischenraum bleibt. Dieser Draht wird mit dem einen Pole einer galvanischen Batterie in Verbindung gebracht, der andere Pol dieser Batterie wird mittelst der Klemmschraube bei *a*, die auf dem Gusseisen aufsitzt, mit dem Quecksilber in leitende Verbindung gesetzt. Sobald nun ein solcher Apparat in eine Atmosphäre gebracht wird, welche Grubengas enthält, so dringt dasselbe rascher durch das Diaphragma in den Trichter hinein als die darin befindliche Luft heraus diffundirt, und das Quecksilber wird in das Glasrohr hinauf gedrückt; auf diese Weise berührt es endlich das Platinende des Kupferdrahtes und der galvanische Strom der Batterie wird geschlossen. In den Schliessungsdraht wird eine elektrische Lärmglocke eingeschaltet, welche, solange die Spitze des Platindrahtes über dem Niveau des Quecksilbers bleibt, also mit dem letzteren nicht in Berührung kommt — so lange demnach die Batterie nicht geschlossen ist — ruhig bleibt, aber zu läuten beginnt, sobald die oben erwähnte Diffusion eintritt und das vorwärts gegen *g* gedrängte Quecksilber den Stift berührt.

Nach Ansells eigenen Beobachtungen gibt dieses Instrument innerhalb vier Sekunden, wenn das Gasgemisch unterhalb dem Explosionspunkte ist, d. h. wenn es noch nicht zu viel Grubengas enthält, dass

es in Folge seiner Zusammensetzung bei der Berührung mit einem brennenden Körper explodiren muss, solche Warnungssignale; stellt man indessen die Platinspitze so ein, dass zwischen ihr und der Oberfläche des Quecksilbers — beim Normalstande des letzteren — ein Raum von der Dicke eines Schilling (Viergroschenstückes) bleibt, so meldet der Indicator eine gefährliche Irruption schon binnen zwei Sekunden. Je nachdem das Auftreten des Grubengases plötzlich oder allmählig geschieht, hat Ansell verschiedene Apparate construirt. Als Diaphragmen benutzt er Platten von weissem sicilianischen Marmor. Durch eine angemessene Regulirung der Dicke dieser Platten vermeidet er den Übelstand der Effusion in solchem Grade, dass er mittelst dieser Vorrichtung in der Grube jene allmähigen Anhäufungen von Grubengas genau nachzuweisen im Stande ist. Er hat sich überzeugt, dass sich mit der Anwendung einer einen Viertelzoll starken Marmorplatte das Vorhandensein eines seit einer halben Stunde, und mittelst einer halbzölligen Marmorplatte die Gegenwart eines seit zwei Stunden entstandenen und in dieser Zeit vom Nullpunkte bis zum Schlagendwerden veränderten Gasgemisches zuverlässig nachweisen lässt.

In allen diesen Fällen können Warnungssignale gegeben werden, bevor die Wetter schlagend geworden sind, und diese Signale können längere Zeit fortgesetzt werden, selbst wenn die Wetter nicht noch mehr verderben, wobei freilich nicht ausser Acht ge-

lassen werden darf, dass dieselben Umstände, unter denen die normalen Wetter einer Grube sich mit 10 Percent Grubengas mischen können, auch gestatten, dass 50 Percent von letzteren und darüber von den Wettern aufgenommen werden. Ein weiterer Vorzug der Indicatoren von Ansell ist der, dass die Signalapparate an einem beliebigen Orte aufgestellt werden können, also auch in dem Locale des Grubenleiters, oder in den Räumen, wo die Ventilationsvorrichtungen und deren Bedienung sich befindet; auf diese Weise erhält der Betriebsleiter von dem Auftreten schlagender Wetter von jedem Punkte der Grube alsogleich Nachricht, wenn die Leitungsdrähte zu mehreren solchen, an verschiedenen Punkten der Grube aufgestellten Indicatoren gehen und die Signalapparate zu Tage stehen; es können sogleich die nöthigen Massregeln in Bezug auf erhöhte Ventilation u. s. w. getroffen werden. Diese Indicatoren gestatten eine Sicherheit des Betriebes, wie nicht leicht ein anderes Mittel.

Die Instrumente selbst müssen in der Strecke, beziehungsweise an dem zu untersuchenden Abbau-punkte hoch, der Firste ziemlich nahe, aufgestellt werden, wo ungeachtet des Diffusionsgesetzes Anhäufungen des Gases stattfinden; denn es ist durchaus keine ungewöhnliche Erscheinung, wenn zunächst der Firste 30 Procent, sechs Zoll tiefer 20 Procent und 15 Zoll unterhalb der Firste gar kein Grubengas sich nachweisen lässt.

Es wird empfohlen zwei Indicatoren, den einen zur Nachweisung langsam und den andern für die Entdeckung plötzlich stattfindender Gasanhäufungen neben einander aufzustellen. Zum Überfluss bemerke ich noch, dass die Ansell'schen Instrumente Schutzmassregeln anderer Art keineswegs verdrängen sollen, indem sie nur zur Erkennung des Vorhandenseins schlagender Wetter bestimmt sind.

Mit einer geringen Modification eignet sich der Wetterindicator von Ansell auch zur Nachweisung von Kohlensäure oder von bösen Wettern. Die Unterbrechungstelle befindet sich nämlich bei den Indicatoren für schwere Wetter in dem Trichter bei C. Ansell empfiehlt diese Form seines Indicators zur Anwendung in solchen Gruben, in denen die Gesundheit oder gar das Leben der Bergarbeiter durch das Auftreten von Kohlensäure gefährdet wird. Die französischen Weinproducenten benützen dieses Instrument bereits zur Bestimmung des Zeitpunktes, in welchem die Gährung des Mostes beginnt; wahrscheinlich wird dasselbe demnächst auch von den Bierbauern zu einem ähnlichen Zwecke angewendet werden.

Der Vollständigkeit wegen will ich noch anführen, dass man auch Vorschläge gemacht hat, das Grubengas auf chemischem Wege zu entfernen und zwar mittelst Chlorgas, welches das Grubengas zerstört, indem es mit dem Wasserstoffe desselben Salzsäure bildet. Dieser Vorschlag wird wohl immer nur ein theoretischer bleiben, er lässt sich praktisch

nicht in Anwendung bringen; es ist auch diese Frage trotz des ausgesetzten Preises von 1000 Pfund Sterling noch ungelöst.

Ebenso wurde in Vorschlag gebracht, durch die ganze Grube Leitungsdrähte eines elektrischen Inductionsapparates zu führen und stellenweise Unterbrechungen zu lassen, an welchen fortwährend elektrische Funken überschlagen, um das Grubengas durch zahlreiche kleinere Explosionen unschädlich zu machen. Dieser Vorschlag wird wohl nur dann ein praktisches Resultat liefern, wenn sich das Grubengas nur allmählich und in kleineren Partien absondert, bei plötzlichem Auftreten desselben könnte diese Vorrichtung jedoch höchst gefährlich werden.

Jobard macht endlich den Vorschlag, das Grubengas aus den oberen Partien der Stollen und Firste durch Löcher und Röhren in Gasometer zu leiten und von dort aus zur Beleuchtung der Grube selbst zu verwenden. Die Lichtflammen wären mit einem dicken Glase zu umgeben und über demselben ein dicker Mantel von Drahtgaze anzubringen, um die Verbrennungsproducte ohne Gefahr entweichen zu lassen. Obgleich das Grubengas minder glänzend als unser gereinigtes Leuchtgas ist, so würde es doch auf diese Weise sehr gut benutzt werden können; die Gasometer und Röhren würden die ganzen Kosten dieser Sicherheitsbeleuchtung ausmachen. Nach seiner Angabe liess ein bedeutender Steinkohlenbergwerksbesitzer zu Lüttich eine Wetterführung vorrichten, um

Gase aus einer seiner Steinkohlengruben aufzufangen und zu benutzen; es ist später nicht darüber berichtet worden, ob der Versuch gelungen ist.

Nicht unerwähnt kann es hier bleiben, dass man auch den Vorschlag gemacht hat, die Grubenlampen gänzlich zu verbannen und das elektrische Licht der Geissler'schen Röhren, deren Erscheinungen ich hie mit vorführe, als Geleuchte zu verwenden. Gaiffe war es, der eine solche elektrische Grubenlampe construirte. Um weisses Licht zu erhalten, verfertigt er die Geissler'sche Röhre aus Uranglas und füllt sie mit verdünntem Stickstoff, das Uranglas fluorescirt bekanntlich im elektrischen Lichte grün, und die Farbe des elektrischen Funkens im Stickstoff ist rosenroth, diese zwei complementären Lichtgattungen geben dann weisses Licht. Der Inductionsapparat wird mit der zugehörigen Batterie in eine eigene Tasche gebracht, die der Bergmann auf dem Rücken trägt, und aus welcher rechts und links die Polardrähte über die Schultern herabhängen. Der Apparat kann 8 bis 10 Stunden in Thätigkeit verbleiben, ehe die Batterie wieder erneuert werden muss. Das Gewicht des ganzen Apparates beträgt 7 Pfund und sein gegenwärtiger Preis ist 70 Francs. Neben dieser Lampe wäre dann Ansell's Indicator unvermeidlich, wenn der Arbeiter nicht Gefahr laufen soll, in der Grube zu ersticken. Leider ist die Leuchtkraft der Gaiffe'schen Lampe gering und ersetzt die Öllampe höchst unvollständig; aber sie kann von dem grössten Nutzen sein, wenn

man Räume betritt, die mit irrespirablen Gasen gefüllt sind, die also auch das Brennen einer gewöhnlichen Lampe nicht unterhalten, also z. B. die Grubenräume nach erfolgter Explosion, um schnelle Rettung zu bringen. Natürlich könnte dieses nur mit einem Respirationsapparate geschehen, in welchem Luft zum Athmen comprimirt ist, wie solche Apparate in neuerer Zeit von den Tauchern benützt werden, um längere Zeit unter Wasser verweilen zu können.

Durch die vorstehenden Erörterungen glaube ich zur Genüge gezeigt zu haben, dass die Wissenschaft stets bemüht war, Sicherheitsmassregeln gegen Grubenexplosionen ausfindig zu machen und dass es ihr auch gelungen ist, manche beachtenswerthe zu bieten, bei deren gewissenhafter Anwendung jene entsetzlichen Katastrophen vermieden werden können, wo mitunter Hunderte von Menschenleben mit einem Schlage vernichtet werden; wie verschwindend klein sind diesen Verlusten an Menschenleben gegenüber die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten solcher Schutz- und Rettungsapparate und wie verschwindend klein dem enormen Erträgniss solcher Gruben gegenüber, die ihre jährliche Ausbeute nach Millionen von Centnern berechnen. Wir wollen unsererseits durch Verbreitung solcher gemeinnütziger Kenntnisse dazu beitragen, jene stehenden Nachrichten über Grubenexplosionen zu vermindern.
