

genossen, die den Untersuchungen über Atomgewichte Interesse entgegenbringen, uns mit ihrer Kritik und ihren Rathschlägen zu unterstützen. Namentlich bitten wir auch, alle Veröffentlichungen auf diesem Gebiete uns (wenn möglich in drei Abdrücken) zukommen zu lassen, damit nichts Wesentliches übersehen wird. Nur bei solcher Mithilfe dürfen wir einen befriedigenden Erfolg unserer Thätigkeit erhoffen.

Die Commission:

F. W. Clarke.

T. E. Thorpe. K. Seubert.

December 1902.

Zur Bekämpfung der Explosionsgefahr beim Transport verdichteter Gase.

Von A. Lange, Nieder-Schöneweide.

Die Bitterfelder Knallgasexplosion vom 10. April d. J. hat die Aufmerksamkeit der Behörden auf den Verkehr mit verdichteten Gasen im Allgemeinen gelenkt und hat die für Bitterfeld zuständige Gewerbeinspektion veranlasst mit Vorschlägen¹⁾ hervorzutreten, welche es unmöglich machen sollen, dass in den Fabriken Verwechselungen bei der Füllung der einzelnen Gase vorkommen können. Demnach muss es zeitgemäss erscheinen, sich auch einmal mit den hier und da beim Transport verflüssigter Gase immer noch vor kommenden Explosionen zu beschäftigen, welche, der weitaus grössten Verbreitung der flüssigen Kohlensäure entsprechend, hauptsächlich bei den Versandtgefässen dieses verflüssigten Gases aufgetreten sind. Ich will hier gleich bemerken, dass nach den mir zugänglichen, allerdings zweifellos unvollständigen Angaben im Durchschnitt von sieben Jahren jährlich zwei solcher Explosionen in Deutschland eingetreten sind. Diese Zahl muss ausserordentlich klein erscheinen, wenn man bedenkt, dass jetzt jährlich etwa zwei Millionen Einzelsendungen in den bekannten Stahlflaschen ausgeführt worden sind. Sie muss auch noch als gering bezeichnet werden, wenn man sie nur auf die Anzahl der im Verkehr befindlichen ca. 600 000 Flaschen bezieht.

Da aber diese Explosionen schwere Schädigungen für das Leben und Eigenthum im Gefolge haben können, so ist es erklärlich, dass man selbst diese geringe Anzahl zu vermeiden suchen muss und dass man von jeher auf möglichste Sicherheit bedacht war. Nachdem schon 1891 seitens des Reichseisen-

bahnamtes Vorschriften über die zulässige Füllung der Stahlflaschen gemacht und für die einzelnen Gase ihrer Natur entsprechende Druckhöhen für die Prüfung der Flaschen vorgeschrieben worden waren, haben sich Bach²⁾ und Martens³⁾ eingehend mit der wichtigen Frage des Flaschenmaterials beschäftigt. Für die Flaschen muss ein zähes, nicht sprödes Material von möglichst gleichmässiger Wandstärke verwendet werden. Die Flaschen sollen nach der Fertigstellung ausgeglüht werden; dadurch werden auch etwaige durch einseitige Erhitzung beim Zusammenziehen der Böden oder der Köpfe von Flaschen geschaffene Spannungen und damit bewirkte Sprödigkeit beseitigt. Seitens der 1895 zur Prüfung der Flaschenexplosionen eingesetzten staatlichen englischen Commission werden in ihrem dem Parlament erstatteten Bericht⁴⁾ auch noch Forderungen bezüglich der Zusammensetzung des Eisens und der Wandstärke der Flaschen gestellt. Ferner wird gefordert, dass das vorher erwähnte Ausglühen der Flaschen in gewissen Zwischenräumen wiederholt werden müsse, um einerseits Unvollkommenheiten des Ausglühens bei der Fabrikation auszugleichen und andererseits etwaige in den Flaschen durch den Gebrauch angesammelte Fremdkörper zu zerstören. Bei uns ist diese Forderung bisher nicht gestellt worden, sie würde auch, allgemein durchgeführt, eine schwere Last bedeuten. Wenn alle im Verkehr befindlichen Flaschen wirklich den von Bach oder Martens an das Material gestellten Ansprüchen entsprächen, wenn sie den Vorschriften der Transportbehörde entsprechend gefüllt wären, so würden Explosionen wohl kaum noch vorkommen können, mit Ausnahme der bei Schadeneuern oder fahrlässiger Erhitzung der geschlossenen Flaschen eintretenden.

Nun sind aber Überfüllungen, d. h. Füllungen über das nach dem internationalen Übereinkommen der Eisenbahnen gestattete Maass durchaus nicht so selten, wie Martens annimmt. Sie sind gewiss von jedem Kohlensäurefabrikanten beobachtet und sollen aus unlauteren Absichten sogar vorsätzlich herbeigeführt worden sein. Eine etwa drei Jahre zurückliegende Äusserung von W. Raydt⁵⁾ mag dies illustrieren:

²⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ingenieure 1896, 346 und 672.

³⁾ Stahl und Eisen 1896, 897.

⁴⁾ Causes of the explosion and the precautions required to ensure the safety of cylinders of compressed gas. Report of the committee presented to both houses of parliament.

⁵⁾ Mineralwasser-Fabrikant 1899, 374.

¹⁾ Chemische Industrie 1902, 343 und 485.

„Die bedeutenden Drucksteigerungen, durch welche die meisten Explosionen veranlasst werden, stellen sich erst ein, wenn die Behälter in den Kohlensäurefabriken überfüllt und nachher einer erhöhten Temperatur ausgesetzt werden. Leider wird diese Gefahr in den Kohlensäurefabriken häufig unterschätzt und fahrlässiger Weise oder wohl gar absichtlich der zulässige Füllungsgrad überschritten. Ist mir doch mehrfach mitgetheilt worden, dass Reisende von Kohlensäuregeschäften als besondere Empfehlung ihrer Waare angeführt haben, der betreffende einzufangende Kunde würde bei Bestellung in den 10 kg-Flaschen 10,5 bis 11 kg erhalten. Dergleichen Dinge sind in Ansehung der in der Überfüllung liegenden Gefahr geradezu frevelhaft und sollten im Interesse der öffentlichen Sicherheit durch die Inhaber oder Leiter der betreffenden Kohlensäurewerke jedenfalls verhindert werden. Bei der bekannten Sorglosigkeit derjenigen Arbeiter, welche täglich mit relativ gefährlichen Dingen umgehen, ist unbedingt in allen Kohlensäurefabriken mit grösster Strenge darauf zu sehen, dass alle gefüllten Flaschen wiederholt unter Controle genau gewogen werden. Aus demselben Grunde sind die eingeschlagenen Leergewichte neuer Flaschen aufs Schärfste zu controliren, da dieselben häufig unrichtig sind. Ist z. B., wie es vorkommt, das Gewicht um 1 kg zu hoch angegeben, ohne dass dies im Kohlensäurewerk bemerkt wurde, so wird der betr. Arbeiter höchst wahrscheinlich die Flasche um diese Differenz überfüllen und dadurch besonders in der warmen Jahreszeit eine grosse Gefahr herbeiführen.“

Dass Überfüllungen nicht zu den Seltenheiten gehören, beweist fernerein „Eingesendet“ der Lübecker Bierdruckapparate- und Armaturenfabrik, Heinr. Draeger in der Zeitschrift für die gesammte Kohlensäureindustrie 1900.

Die schon erwähnte englische Commission hat Untersuchungen über die durch Überfüllung bei Temperaturerhöhung erzeugten Drucksteigerungen und etwaige dadurch hervorgerufene Explosionen der Behälter veranlasst. Für die Versuche wurde flüssiges Ammoniak benutzt und Dixon⁶⁾) motivirt diese Wahl etwa folgendermaassen. In Rücksicht auf die geringe Differenz zwischen der kritischen Temperatur der Kohlensäure und der Sommertemperatur schien es nicht sicher, dass man einen besonders hohen Druck durch Flüssigkeitsausdehnung der Kohlensäure ohne künstliche Abkühlung der Cylinder bei der Füllung würde erreichen können, deshalb beschloss die Commission, flüssiges Ammoniak

in beinahe vollen Cylindern zu erhitzen und die Wirkung der Flüssigkeitsausdehnung auf den Cylinder sowie die eintretende Drucksteigerung zu beobachten.

Es erschien mir nun von Interesse, festzustellen, wie sich normal gefüllte Kohlensäureflaschen verhalten, wenn sie soweit erhitzt werden, dass Prüfungsdruck und Elastizitätsgrenze überschritten werden, einerseits, weil dieser Fall bei jedem Schadenfeuer eintreten kann, und andererseits, weil die Kohlensäureflaschen unter den Versuchsbedingungen durch Gasdruck gesprengt werden mussten, während bei Dixon der Flüssigkeitsdruck die Gefässwände sprengte.

Da man bisher, trotz der ausserordentlich starken Verbreitung, selten von Explosionen gefüllter Kohlensäureflaschen bei Schadenfeuern gehört hat, so hat die Annahme Berechtigung, dass der Gummikegel und die Gummidichtung der gebräuchlichsten Flaschenventile durch die Hitze zerstört werden, dass dadurch ein gefahrloses Entweichen der Kohlensäure aus der vollen Flasche stattfindet und so die Explosion verhindert wird. Ich habe deshalb zwei gleichmässig angeordnete Versuche gemacht; bei dem ersten wurde ein Stahlventil mit Stahlkegel und Asbestdichtung und bei dem zweiten das gewöhnliche Kohlensäureventil aus Deltametall mit Gummikegel und Gummi-Stopfbüchsen-dichtung verwendet.

Erster Versuch.

Eine kleine ca. 5 Literfassende, K. & Co. 13 gezeichnete, von Weiler, Charlottenburg, herstammende, ursprünglich für Ammoniak bestimmte und deshalb auf 100 Atm. geprüfte Flasche wurde mit Wasserdruck geprüft; sie zeigte bei 250 Atm. beginnende, nicht bleibende Dehnung. In den Flaschenhals wurde ein Ventilkörper und auf diesen ein Stahlventil mit Stahlspindel und Stahl-conus aufgeschaubt. An den Stutzen des unteren Ventilkörpers, der also nur als Abzweig diente, wurde ein starkwandiges Stahlrohr von 5 mm lichter Weite und 2 m Länge angeschlossen, welches am Ende wieder durch ein gewöhnliches Ventil geschlossen wurde. Das Stahlrohr wurde mit dicker Asbestschnur umwickelt und die mit 100 g Übergewicht über die nach den Transportvorschriften zulässige Kohlensäurefüllung beschickte Flasche wurde in eine Erdmulde auf Eisenbahnschienen gelegt und alte Weidenkörbe und Stroh rund herum gestopft. Die Mulde war durch längs und quer gelegte Eisenbahnschienen abgedeckt. An das aus der Erdmulde hervorstehende, das Stahlrohr verschliessende Ventil wurde ein 5 m langes

⁶⁾ Report of the Committee p. 52.

Kupferrohr von 5 mm lichter Weite mit einem Manometer angeschraubt. Nach dem Öffnen des Ventils zeigte das Manometer den Kohlensäuredruck von ca. 50 Atm. Ein Entweichen von Kohlensäure war an keiner Stelle zu beobachten. Beim Erhitzen der Flasche musste der Druck am Manometer steigen und ein kleiner mitgenommener Zeiger musste nach Beendigung des Versuches gestatten, den erreichten Maximaldruck abzulesen. Das Übergewicht von 100 g CO₂ war entsprechend dem 137 ccm betragenden Inhalt des 7 m langen Rohrstückes gegeben worden.

Das vorher noch mit Petroleum getränkten Stroh wurde in Brand gesetzt und nach 25 Minuten erfolgte eine Detonation, etwa

ohne Anlauffarben; sie sind also nur wenig heiss geworden.

Die Schienen, auf welche die Flasche aufgelegt war, waren stark durchgebogen, die oberen Schienen wenig verschoben. Offenbar ist die Flasche oben in der ganzen Länge aufgerissen und hat so nur einen Druck nach unten ausgeübt. Deshalb ist auch das Feuer nicht ausgelöscht worden, denn das Kohlensäuregas wurde auch nach oben geschleudert.

Am Manometer wurden 320 Atm. als erreichter Maximaldruck abgelesen. Diesen Druck sollte die Flasche, der Füllung entsprechend, etwa bei 85° C. erreicht haben. Da aber über 250 Atm. zunächst eine starke Dehnung des Materials und damit eine Ver-



Fig. 1.

wie ein Böllerschuss; das Feuer brannte ruhig weiter. Nach dem Erlöschen desselben lag die Flasche an der einen Seite des Loches, nach der anderen war das Stahlrohr mit dem Flaschenventil gebogen; das Ventil war vollständig in den Sandwall hineingetrieben. Die Flasche war längs aufgerissen, der Mantel vollständig abgerollt und dabei Boden und Kopf mehrfach eingerissen und nach der Mitte zusammengebogen. Das Kopfgewinde, welches auch mitten durchgerissen war, befand sich also jetzt in der Mitte der Rolle, dem Boden gegenüber. Das Mantelblech war aber vollständig erhalten, es sind bei der Explosion keine Theile abgerissen oder fortgeschleudert worden. Der Zapfen des unteren Ventilkörpers war verbogen und die Gewindegänge aus einander gezerrt. Der Fuss der Flasche war elliptisch verbogen, er ist also von der Flasche bei beginnender Deformation abgefallen. Der Schrumpfing, welcher, über den Flaschenkopf gestülpt, zur Befestigung der Ventilschutzkappe dient, war wenig verbogen, aber zusammenhängend geblieben. Er muss von der Flasche abgefallen sein, nachdem der Ventilkörper herausgeschleudert worden war; erst nachher ist der Flaschenkopf durchgerissen. Der Ventilkörper und das Hauptventil waren vollständig blank,

grösserer des Flaschenraums eingetreten ist, so muss die Sprengungstemperatur etwa bei 100° gelegen haben.

Fig. 1 gibt eine photographische Aufnahme der explodirten Flasche ohne Fuss und Schrumpfing.

Zweiter Versuch.

Die der Actiengesellschaft für Kohlensäureindustrie gehörende, von den Rheinischen Metallwerken angefertigte Flasche No. 88 365, welche sich seit 1900 im Verkehr befand, wurde der Prüfung auf Wasserdruck unterworfen und zeigte bei 330 Atm. eine beginnende, nicht bleibende Dehnung. Die Flasche fasste 10,9 Liter, ihre nach den Transportvorschriften zulässige Maximalfüllung betrug also 8,15 kg CO₂. Sie wurde mit 8,4 kg gefüllt, so dass also unter der Berücksichtigung, dass die Rohrleitung 0,1 kg aufnehmen konnte, eine kleine Überfüllung von 0,15 kg vorhanden war, wie sie gewöhnlich den im Verkehr befindlichen Flaschen gegeben wird. Die Flasche war über den Abzweig durch ein gewöhnliches Metallventil mit Hartgummiconus und Gummidichtung verschlossen. Dies Ventil und der Abzweig und das Stahlrohr waren mit Asbestschnur umwickelt. Die Flasche wurde in derselben Weise, wie

die andere Flasche, in den in gleicher Weise hergerichteten Brandherd gelegt. 15 Minuten nach Entzündung des Feuers explodirte die Flasche mit lautem Knall. Das Feuer erlosch an einzelnen Stellen fast ganz. Der Mantel der Flasche war längs aufgerissen, und zwar an dem diesmal genau gekennzeichneten nach oben gelegenen Theile, so dass auch bei diesem Versuche der Druck



Fig. 2.

der explodirenden Flasche nach unten gerichtet war und die untergelegten Schienen stark verbogen wurden, während die Abdeckung fast unberührt blieb. Die Flasche war durch die Explosion etwas zur Seite gegen eine Schiene geschleudert worden und dadurch ist offenbar der glatt abgerollte, also als ebene Blechtafel erscheinende Mantel am Boden stärker verbogen worden. Stücke wurden nicht herumgeschleudert, vielmehr blieb auch hier das gesammte ursprünglich zusammenhängende Flaschenmaterial in einem Stück erhalten. Alle Rissflächen der Flasche waren glänzend weiss; leider sind dieselben durch fallenden Regen sofort angerostet. Die Wandstärken waren, wie in die Photographie der Flasche Fig. 2 eingezzeichnet, an der Rissfläche 4,5 mm, im oberen Viertel 4,3 mm; Bodenstärke 10 mm, Blechstärke am Riss 1 cm, vom Boden 5,6 mm, an einer anderen Stelle 4,8 mm; am Kopf, da wo der cylindrische Theil anfing, 5,1 mm. Der erreichte Maximaldruck betrug 425 Atm. Diesen Druck sollte die Flasche der Füllung entsprechend etwa bei 120° erreicht haben; da sie sich über 330 Atm. gedehnt haben muss, so ist die erreichte Temperatur zweifellos höher gewesen. Der Gummikegel und die Gummidichtung des Ventils haben aber dieser Temperatur widerstanden und die S. 1308 ausgesprochene Vermuthung, dass in der Anwendung des Gummimaterials eine gewisse

Sicherheit bei Bränden liegen müsse, ist widerlegt.

Dritter Versuch.

Die kleine Ammoniakflasche gezeichnet K. & Co. No. 11, von Weiler, Charlottenburg, stammend, welche 5,6 Liter fasste, war mit 3,3 kg Ammoniak gefüllt und in derselben Weise, wie bei den vorhergehenden Versuchen beschrieben, in das Feuerbett eingelagert worden. Ihrem Inhalt entsprechend hätte die Flasche nur mit 3 kg Ammoniak gefüllt werden dürfen, die Überfüllung war gegeben worden, um die Flasche sicher bei einer Temperatur zur Explosion zu bringen, bei welcher das Ammoniak noch flüssig war. Die ursprünglich auf 100 Atm. geprüfte Flasche zeigte bei der Wasserprobe eine beginnende, nicht bleibende Dehnung zwischen 170 und 180 Atm.

25 Minuten nach dem Entzünden des Feuers erfolgte die Explosion; es erhob sich über dem Explosionsherd eine weisse Wolke, überragt von einer ganz schwarzen Rauchwolke. Das Feuer war momentan vollständig erloschen.

Die Flasche war wie die beiden ersten glatt längs aufgerissen, da sie aber, wie aus der an der Flasche angebrachten Marke zweifellos festzustellen war, von unten geplatzt war, so war sie gegen die aufgelegten Schienen geworfen und dementsprechend verbogen. Der Schlag war so heftig gewesen,

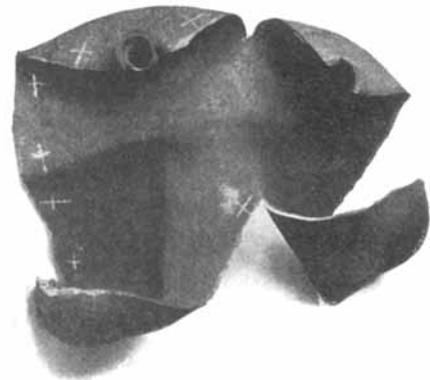


Fig. 3.

dass der Mantel an einer Kante quer eingerissen wurde. Stücke sind von der Flasche auch diesmal nicht abgetrennt worden. Nach der Explosion war das Manometer stark bereift, das Zuleitungsrohr von der Flasche aber warm. Wäre etwa das im Manometer und Rohr befindliche flüssige Ammoniak im Moment der Explosion plötzlich verdampft und hätte das Bereifen des Manometers verursacht, so hätte auch das Rohr kalt sein müssen. Es musste also eine Undichtheit

am Manometer vorgelegen haben. Beim Abschrauben desselben von dem Rohre zeigte sich, dass die lederne Dichtungsscheibe an einer Stelle schwammig weich war und dass an dieser Stelle ein Entweichen von Ammoniak stattgefunden hatte. An der Luft wurde die Lederscheibe hart und brüchig, fast durchweg verkohlt erscheinend. Offenbar hat bei hohem Druck eine Wasserentziehung stattgefunden, welche dann die Undichtheit bedingte.

industrie 1901, S. 278 veröffentlichten photographischen Aufnahmen aus der Kohlensäurefabrik in Bukarest nach dem grossen Brande am 13. April 1901. Durch die bei dem Brande der Fachwerkbauten erzeugte hohe Temperatur sind von 320 im Maschinenraum untergebrachten mit Kohlensäure gefüllten Flaschen mehr als 100 Stück, theils deutsches, theils französisches Fabrikat, zur Explosion gebracht worden. Die Flaschen wur-

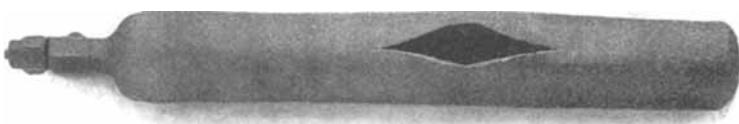


Fig. 4.

Eine Schätzung der Temperatur, bei welcher die Explosion stattfand, wird durch folgende Beobachtungen ermöglicht. Das Stahlventil der Flasche war stark angelaufen und selbst Stellen, die bei der Explosion durch Gegenschlägen gegen die Deckschienen, also nach dem Erlöschen des Feuers, abgeschliffen waren, zeigten Anlauffarben. Das mit Zinn in den als Abzweig dienenden unteren Ventilkörper eingelöthete Stahlrohr war trotz

den theilweise 200 bis 300 m hoch in die Luft geschleudert und fanden sich vereinzelt mehrere hundert Meter von der Brandstätte; ein Cylinder hatte einen Weg von 1000 m zurückgelegt. Fast alle Flaschen waren längs aufgerissen und flach abgerollt worden.

Anders ist der schon (S. 1308) erwähnte von der englischen Commission veranlasste Versuch von Dixon mit flüssigem Ammoniak verlaufen. Zu einer offenbar normal gefüllten

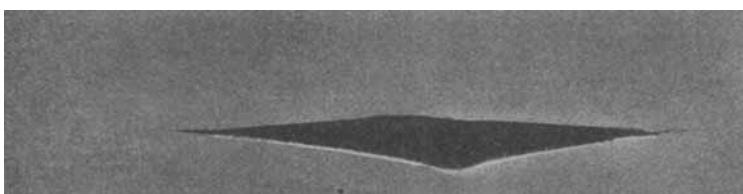


Fig. 5.

der Asbestumhüllung ausgelöthet. Die zur Zeit der Explosion erreichte Temperatur der Flasche muss also über 200° betragen haben. Da die kritische Temperatur des Ammoniaks bei 130° liegt, so ist auch diese Flasche durch Gasdruck gesprengt worden.

Der abgelesene Maximaldruck betrug 250 Atm.

Bei allen drei Versuchen, bei welchen der bis zur Elastizitätsgrenze des Flaschenmaterials gesteigerte Gasdruck die Sprengung verursachte, ist also trotz verschiedener Herkunft der Flaschen der Effect derselbe gewesen. Stets ist der Cylindermantel längs aufgerissen und zu einer ebenen Blechtafel aufgerollt worden, die unter dem Einfluss von Kopf und Boden der Flasche, sowie der Unterlags- und Deckschienen verschiedentlich quer zusammengerollt und verbeult wurde. Genau das gleiche Bild bieten die in der Zeitschrift für die gesamte Kohlensäure-

Flasche, deren Fassungsraum nicht angegeben ist, wurde noch $\frac{3}{4}$ Pfund Ammoniak zugefüllt. Dann wurde die geschlossene Flasche in ein allmählich immer höher erhitztes

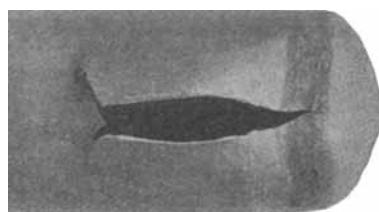


Fig. 6.

Wasserbad gestellt und der Eintritt der Explosion bei etwa 85° beobachtet; der Druck ist bei diesem Versuch nicht festgestellt worden. Der Flaschenmantel hatte einen Riss bekommen und sich an dieser Stelle klaffend aufgebogen, wie die Fig. 4 zeigt.

Stücke waren auch hier nicht abgetrennt worden. Da die kritische Temperatur des Ammoniaks bei 130° liegt, so ist die Flasche durch den Flüssigkeitsdruck gesprengt worden.

Es ist nun interessant, festzustellen, dass die von Bach absichtlich durch Wasserdruck gesprengten Flaschen einen ganz gleichen Verlauf der Sprengung (Fig. 5 u. 6) bei zähem, nicht sprödem Flaschenmaterial zeigen. Auch die von Martens*) in seinem neuesten Aufsatze: „Dauerversuche mit nalitlosen Stahlflaschen zur Aufbewahrung von Kohlensäure“ mitgetheilten Sprengungen von Flaschen durch Wasserdruck sind fast durchweg in derselben Weise verlaufen. Es ist deshalb wohl anzunehmen, dass bei gutem Material allgemein durch den über die Elasticitätsgrenze gesteigerten Flüssigkeitsdruck klaffende Risse, durch ebenso hoch gesteigerten Gasdruck aber ein Zerreissen der Flaschen herbeigeführt wird, ohne dass Theile des Materials abgerissen werden.

Wenn nun auch Explosionen bei Verwendung von einwandfreiem Flaschenmaterial und bei normaler Füllung erst bei Temperaturen eintreten, welche nur bei Schadenfeuern erreicht werden können, so sind doch die schon erwähnten selbst bei grosser Vorsicht nicht immer zu vermeidenden Überfüllungen Veranlassung, dass darauf zurückzuführende Explosionen bei viel niedrigeren Temperaturen, die schon gelegentlich beim Transport erreicht werden, eintreten können.

Man hat deshalb an mehreren Stellen versucht, Sicherungen einzuführen, welche Drucksteigerungen nur bis zu einer gewissen, unterhalb der Festigkeitsgrenze des Materials liegenden Höhe gestatten. Ist diese erreicht, so soll der Inhalt ganz oder theilweise abblasen und die Explosionsgefahr beseitigt werden. Solche Sicherungen ermöglichen es, dass die Druckgrenze, für welche die Flaschen geprüft werden, nie erreicht werden kann. Es würde also ähnlich wie bei den Dampfkesseln und anderen unter Druck stehenden Gefässen der Arbeitsdruck z. B. zwei Drittel des Prüfungsdruckes nicht zu überschreiten brauchen und dadurch zweifellos für den Transport eine grosse Sicherheit geschaffen werden, falls sich die Sicherungen als brauchbar erweisen.

Der englischen Commission ist mitgetheilt worden, dass die Firma J. & E. Hall Ltd., Dartford, Sicherheitsventile an den Kohlensäurecompressoren verwende, welche sich öffnen, wenn der Druck eine vorgeschriebene Grenze überschreite. Die Verwendung ähn-

licher Ventile für alle Kohlensäureflaschen hält die Firma für wünschenswerth, um der Gefahr des Überladens entgegenzutreten. Die Aeriform Carbon Company of Chicago berichtet sogar, dass ihre Kohlensäureflaschen sämmtlich mit Sicherheitsventilen versehen würden, welche sich bei einem 33 Atm. unter der Elasticitätsgrenze liegenden Druck öffneten.

In Deutschland sind Sicherheitsventile an Kohlensäurecompressoren zwar vielfach in Gebrauch, für die Transportgefässe sind aber solche Sicherungen bisher weder behördlich gefordert, noch von privater Seite eingeführt worden. Es ist dies um so verwunderlicher, als wir eigentlich gewöhnt sind, an allen Betriebsapparaten Vorrichtungen anzubringen, welche Drucksteigerungen bis zur Prüfungsgrenze unmöglich machen sollen. Jedenfalls dürfte es von Wichtigkeit sein, die bisher bekannt gewordenen Sicherungen, welche dem gedachten Zwecke dienen können, namhaft zu machen, und ich will hoffen, dass ich keine hierher gehörende Vorrichtung übersehen habe?).

1. Das Hall'sche Ventil⁷⁾ Fig. 7. An dem Körper des gewöhnlichen Flaschenvents ist ausser dem für die regelmässige Füllung

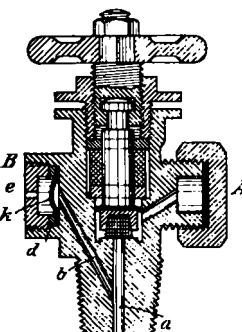


Fig. 7.

und Entnahme dienenden Stutzen *A* noch ein zweiter Stutzen *B* angebracht oder der Körper des Ventils ist an der dem Stutzen *A* gegenüber liegenden Seite so verstärkt, dass eine entsprechende Ausbohrung *B* in ihn eingelegt werden kann. Dahin führt ein Abzweig *b* der Zapfenbohrung *a* des Ventils. Die Öffnung der Bohrung *b* in dem Stutzen *B* ist durch eine gewölbte Kupferplatte *K* verschlossen, auf dieser liegt der Metallring *d*, welcher durch die Mutter *e* fest gegen die

⁷⁾ Das deutsche Patent 60 457 von Ferdinand Graef, Aichach, eine Gummiplatte mit konisch gebohrtem Loch, und ebenso das Patent von Veit, Berlin, D.R.P. 67 179 eine Membran mit Federbelastung, erwähne ich hier nicht ausführlich, weil sie scheinbar nur als Sicherungen für niedere Drucke (Seltewasserapparate) gedacht sind.

⁸⁾ Kurz erwähnt und skizzirt in der Zeitschrift für die gesammte Kälteindustrie 1897, 43.

*) Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1901, 225 u. 231.

Kupferplatte gedrückt wird. Steigt der Druck in der Flasche zu hoch, ohne dass ein Entweichen durch den Canal *a* in den Stutzen *A* möglich ist, also bei geschlossenem Ventil, so zerreißt der Druck die Kupferplatte *K* und die Kohlensäure findet durch eine oder mehrere Öffnungen in der Mutter *e* freien Austritt. Besondere Sorgfalt erfordert die Herstellung der Kupferplatten, da deren Festigkeit nicht nur von ihrer Dicke, sondern auch von der Härte des Materials abhängt. Es wird daher jedes einzelne Stück auf 100 Atm. geprüft und sodann aus je einem Satz von 12 Stück eins bis zum Bruche belastet, damit man genügende Sicherheit für das beabsichtigte Verhalten habe.

Ad. Convert⁹⁾ beschreibt ein von der Firma Bishop & Babcock Co., Chicago, benutztes Ventil, bei welchem nur an die Stelle der gewölbten Kupferplatte *K* eine ebene Kupferplatte und statt des Metallringes *d* eine Papierscheibe getreten ist.

Für Compressionsmaschinen werden von L. A. Riedinger, Augsburg, Sicherheitsventile benutzt, welche auf demselben Prinzip beruhen, die aber gusseiserne Durchschlagsplättchen enthalten.

2. Sicherung von John Carlos Henderson, New York. D.R.P. 91 750 Fig. 8. Bei dem vorher beschriebenen Ventil

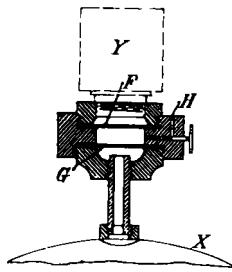


Fig. 8.

entweicht der ganze Inhalt des Behälters in die Luft, wenn einmal die Sicherheitsplatte zertrümmert ist. Diesen Verlust vermeidet das Patent 91 750, das nach Beschreibung und Zeichnung zunächst nicht für Flaschenventile gedacht ist. Wenn der Druck innerhalb des Gefäßes *X* hoch genug steigt, um die Platte *G* zu durchschlagen, so kann eine geringe Menge der in den Raum zwischen den beiden Platten *F* und *G* gelangenden Flüssigkeit durch die feine Öffnung *H* entweichen, wodurch einem Durchschlagen der Platte *F* vorgebeugt wird. Durch die aus der Öffnung *H* heraustrretende Flüssigkeit oder das aus derselben entweichende Gas wird man darauf aufmerksam gemacht, dass

eine neue Platte *G* einzusetzen ist. Um selbst dann, wenn auch die zweite Platte *F* durchschlagen werden sollte, einem grösseren Verlust vorzubeugen, kann die Vorrichtung noch mit einem Sammelbehälter *Y* in Verbindung gebracht werden.

3. Um die Explosionsgefahr für verflüssigte und comprimierte Gase zu beseitigen, hat Brin's Oxygen Company Ltd., London, einen neuen Behälter (Fig. 9) construirt, der

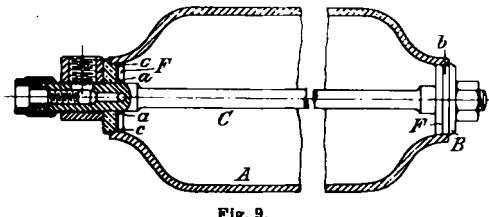


Fig. 9.

nach der Patentschrift D.R.P. 112 711 aus einem zweckmässig zu beiden Enden sich verjüngenden röhrenförmigen Gehäuse *A* besteht. Die Enden dieses Gehäuses werden durch Hauben *B*, deren verengter Theil *b* lose in den Hals des Behälters passt, mittels einer Zugstange *C*, welche sich durch den ganzen Behälter und durch die Hauben hindurch erstreckt und deren eines Ende einen Theil des Auslassventils bildet, fest verschlossen gehalten. Ein Entweichen des Gases zwischen den Hauben und dem Hals des Behälters wird zweckmässig durch Ringe *F* aus weichem Metall oder anderem Material, deren Flanschen *a* und *c* durch den Gasdruck gegen den Bolzen bez. Hals des Behälters gedrückt werden, verhindert. Die Querschnittsfläche des Bolzens *C* ist mit Bezug auf die Fläche der inneren Seiten der Hauben *B* so bemessen, dass im Falle von übermässigem auf letztere wirkenden Druck der Bolzen über die Länge des Behälters hinaus gestreckt und so in Folge Abhebens der Hauben *B* eine Explosionsgefahr beseitigt wird. Der Behälter kann auch in der Weise hergestellt werden, dass das eine Ende durch Einnieten der Längszugstange dauernd fest verschlossen ist, während der Verschluss am anderen Ende durch einen Ventilkörper gebildet wird, welcher auf das freie Ende der Zugstange aufgeschraubt wird. In diesem Falle wird bei einem im Behälter herrschenden Überdruck in Folge der Ausdehnung der Zugstange der ganze Ventilkörper angehoben und somit die Explosionsgefahr beseitigt.

4. Sicherheitsvorrichtung von Kunheim & Co., Berlin, D.R.P. 129 118. Durch den in den Gasbehälter einzuschraubenden Zapfen *a* des Ventils *b* (Fig. 10) ist neben dem Gasentnahmecanal noch der nach aussen füh-

⁹⁾ Zeitschrift für die ges. Kohlensäureindustrie 1896, 222.

rende Canal *c* gebohrt. Die innere Mündung des Canals *c* wird durch die dünnwandige Metallhülse *e* verschlossen, welche fest an den Ventilzapfen gelöthet wird. In die Hülse ist ein kegelförmig ausgedrehter Messingring *d* so eingesetzt, dass der Rand des Ringes über die Unterseite des Zapfens *a* hinausragt.

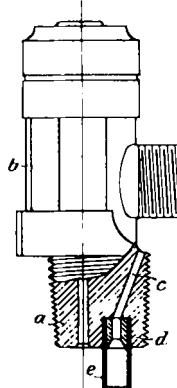


Fig. 10.

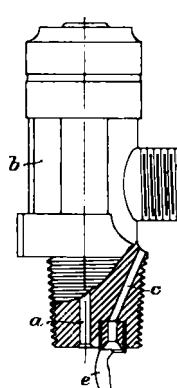


Fig. 11.

Wenn nun der Überdruck in einem mit der Sicherung versehenen Behälter über das zulässige Maass steigt, würde die Hülse lediglich zusammengedrückt werden können, wenn die Sprödigkeit des Materials bei der gewählten geringen Längenausdehnung dies zuliesse. Bei der getroffenen Anordnung wird aber die Mantelwand der Hülse *e* auch noch gegen die scharfen Kanten des Ringes *d* gedrückt, welcher als feste Scheerbacke wirkt. Dadurch reisst ein Theil der Mantelfläche horizontal an der Kante ein, etwa die Hälfte der Mantelfläche wird nach innen gedrückt, wie Fig. 11 zeigt, und die bis dahin durch die Hülse verschlossene, nach aussen führende Bohrung *c* wird freigegeben. Die gespannten Gase können nach aussen entweichen und die Explosion des Behälters ist vermieden.

Die Stärke der Hülsenwand muss entsprechend dem zulässigen Maximaldruck in dem Behälter gewählt sein. Da die Hülse selbst entsprechend der geringen verfügbaren Fläche des Ventilzapfens nur einen kleinen Durchmesser haben kann, so wird die Wandstärke der Hülse nur einen Bruchtheil eines Millimeters betragen können. Sie muss deshalb zur Festlegung des Maximaldrucks für jede Hülse genau gemessen und außerdem der jeweiligen Härte des Materials angepasst werden. Ferner wird jede Hülse auf einen Minimaldruck, der nur etwa 10 Atm. unter dem erreichbaren Maximaldruck liegt, geprüft. Für Kohlensäurebehälter sind solche Hülsen einstweilen versuchsweise eingeführt, welche bei etwa 180 Atm. platzen sollen, die also vorher sämmtlich auf einen Druck von 170 Atm. geprüft worden sind.

Als Vorzug dieser Sicherung ist noch anzugeben, dass sie im Inneren der Behälter angebracht ist und deshalb von Unbefugten weder ausgewechselt, noch beschädigt werden kann und auch den Einflüssen der äusseren Atmosphäre nicht ausgesetzt ist. Ferner ist es ein Vorzug, dass die Sicherung keine specielle Ventilconstruction verlangt, sondern einem jeden Ventil angefügt werden kann. Allerdings geht bei jedesmaligem Bruch der Sicherung der Inhalt der betreffenden Flasche verloren; aber gerade die Furcht vor Verlusten wird am ehesten die betreffenden Arbeiter zur Vermeidung von Überfüllungen erziehen.

Folgender Versuch bewies das richtige Functioniren der Sicherung. Eine mit der Sicherheitshülse und mit der zulässigen Kohlensäuremenge versehene Flasche wurde in das S. 1308 bis 1310 beschriebene Bett gelagert und das Feuer angezündet. Nach 5 Minuten hörte man deutlich das Abblasen der Kohlensäure. Dasselbe dauerte etwa 5 Minuten. Das Feuer wurde nicht ausgeblasen. Die Hülse war vorschriftsmässig aufgerissen. Nachträglich war das Ventil so heiss geworden, dass sämmtliche organischen Dichtungsmaterialien ausgebrannt waren.

Ferner sind ca. 1000 Sicherungen durch allmählich gesteigerten Wasserdruck gesprengt worden. Stets sind die Hülsen so gerissen, wie es oben beschrieben ist und wie es die Fig. 11 zeigt.

In dem Folgendén gebe ich eine Zusammenstellung der durch die Fachpresse während der letzten 7 Jahre bekannt gewordenen Explosions von Flaschen. Es ist zwar anzunehmen, dass die Zahl der wirklich stattgehabten Explosions grösser gewesen ist, immerhin aber wird man aus den mitgetheilten Fällen einen Überblick über die muthmaasslichen Ursachen gewinnen können.

1. Explosion von 2 Kohlensäureflaschen in Eyach in Württemberg. Durch die Untersuchungen von Bach¹⁰⁾ ist schlechtes Flaschenmaterial als Ursache festgestellt.

2. Explosion einer Kohlensäureflasche in Niedernau in Württemberg. Bach¹¹⁾ stellte auch hier schlechtes Flaschenmaterial als Ursache fest.

3. Explosion einer Kohlensäureflasche in Greifswald¹²⁾ am 24. Mai 1897. Die Flasche ist vom Wagen gefallen. Durch Eisensplitter wurde ein Pferd so verletzt, dass es getötet werden musste. Offenbar ist auch hier die Ursache in sprödem Flaschenmaterial zu suchen. Dasselbe gilt vom folgenden Fall.

¹⁰⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ingenieure 1896, 346.

¹¹⁾ Dasselbst 1896, 672.

¹²⁾ Zeitschrift für die ges. Kohlensäureindustrie 1897, 213.

4. Explosion einer Kohlensäureflasche auf dem Bahnhof Satzvey (Linie Cöln-Trier) am 16. November 1901¹³⁾. Beim Überladen der gefüllten Flasche in den Eisenbahnwagen entfiel sie dem Bahnbeamten, schlug auf einen Posten anderer Kohlensäureflaschen auf und explodirte. Aus der krepirten Flasche ergaben sich eine Menge scharfkantiger Sprengstücke. Dem Bahnbeamten wurden beide Beine zerschlagen.

5. Explosion einer Kohlensäureflasche in dem Werk La Carbonique Française in Paris am 23. November 1894¹⁴⁾. Die Flasche explodirte im Lagerraume der Fabrik. Durch eine umfangreiche Untersuchung ist festgestellt worden, dass der Grund der Explosion in starker Überfüllung zu suchen ist.

6. Explosion einer Kohlensäureflasche in Basel beim Transport und

7. Explosion von 2 Kohlensäureflaschen auf der Ladebühne des Bahnhofs Brohl¹⁵⁾. Die Flaschen sind unbedeckt der Mittagssonne eines sehr heissen Tages ausgesetzt gewesen und offenbar durch zu hoch gestiegenen Druck gesprengt worden.

8. Explosion von 3 Kohlensäureflaschen auf einem Waarenboot der Donaudampfschiffahrtsgesellschaft¹⁶⁾. Die unter ein Decktuch gelagerten Behälter explodirten Nachmittags 2 Uhr in Rumänien mit heftiger Detonation, richteten grossen Materialschaden an und flogen selbst mit einem Theil der Ladung in die Donau. Auch hier wird der durch die Hitze vermutlich in Folge von Überfüllung gesteigerte Druck als Grund der Explosion angenommen.

9. Explosion einer Kohlensäureflasche am Franz-Josephsquai in Budapest¹⁷⁾. Auch diese Flasche soll längere Zeit der directen Sonnenstrahlung ausgesetzt gewesen sein.

10. Explosion einer Kohlensäureflasche am 12. April 1898 bei Eisenach¹⁸⁾. Die Flasche wurde von einem Wirth als undicht zurückgegeben und explodirte auf dem Transporte auf offenem Wagen. Die Flasche riss längs auf und tödete den Wagenführer. Offenbar war die Flasche stark überladen und deshalb durch gesteigerten Druck schon bei dem Consumen un dicht geworden. Durch den Transport ohne Schutz stieg der Druck über die Elasticitätsgrenze.

11. Explosion einer Kohlensäureflasche in Hannover¹⁹⁾ am 9. November 1899. Die

Flasche explodirte beim Abladen mit furchtbarem Knall, sie flog wie eine Granate durch die Fenster des oberen Stockwerks und bohrte sich in die Decke einer Schlafstube ein, ohne Jemanden zu verletzen. Die Ursache der Explosion ist nicht angegeben; da aber offenbar Theile der Flasche nicht abgetrennt wurden, ist auch hier Überfüllung anzunehmen.

12. Explosion einer Kohlensäureflasche auf der Güterexpedition des Bahnhofs Rödelheim bei Frankfurt a./M. am 10. October 1901²⁰⁾. Ein Bahnarbeiter wurde tödtlich verletzt. Die Photographie der Flasche zeigt das typische Bild der durch Flüssigkeitsdruck gesprengten Behälter.

13. Explosion einer Kohlensäureflasche im Hôtel Kaiserhof in Neudamm²¹⁾. „Näheres wurde nicht ermittelt, es scheint jedoch, dass der Cylinder in der Nähe eines geheizten Ofens stand“.

14. Explosion einer Ammoniakflasche in Rummelsburg b./Berlin am 17. September 1897²²⁾. Die gefüllte Flasche war bei geschlossenem Ventil im Wasserbade erhitzt worden.

15. Explosion einer Kohlensäureflasche in Oderberg in Österreich am 28. Februar 1902²³⁾. Die gefüllte Flasche war mit geschlossenem Ventil, um das Gefrieren bei rascher Entnahme zu verhindern, in „laues“ Wasser gestellt worden. 2 Personen wurden tödtlich verletzt. Durch die Explosionen wurden der Fuss der Flasche und der Ventilkopf abgerissen; die Flasche selbst wurde längs aufgerissen und die Ränder auseinander gebogen, ohne dass ein Stück abgerissen worden wäre (wie bei den Versuchen Seite 1308 bis 1310).

16. Explosion einer Kohlensäureflasche bei dem Brande des Wirtschaftsgebäudes des Gastwirths Tank in Ostenfeld bei Rendsburg am 18. November 1898²⁴⁾. Nachdem das Feuer ca. 1 Stunde gewütet hatte, wurden die Löschmannschaften durch ein donnerähnliches Getöse erschreckt. Bei den Aufräumungsarbeiten fand man die zertrümmerte Kohlensäureflasche, „sie war der Länge nach aufgerissen, die Ecken derselben waren umgeklappt“.

17. Durch die Explosion einer Acetylenflasche wurde in Jersey City ein starker Brand²⁵⁾ verursacht. Durch die entwickelte enorme Hitze wurde die Explosion einer

¹³⁾ Dasselbst 1901, 692.

¹⁴⁾ Dasselbst 1896, 23 und 44.

¹⁵⁾ Dasselbst 1896, 272.

¹⁶⁾ Dasselbst 1896, 312.

¹⁷⁾ Dasselbst 1897, 348 und 365.

¹⁸⁾ Dasselbst 1898, 154 und 180.

¹⁹⁾ Dasselbst 1899, 576.

²⁰⁾ Dasselbst 1901, 604 und 656.

²¹⁾ Dasselbst 1902, 177.

²²⁾ Chemische Industrie 1898, 191.

²³⁾ Kohlensäure-Zeitschr. 1902, 283.

²⁴⁾ Dasselbst 1898, 537.

²⁵⁾ Dasselbst 1898, 347.

grösseren Zahl von Flaschen mit flüssigem Acetylen, Kohlensäure und Ammoniak herbeigeführt.

18. Durch ein Schadensfeuer in Gurahumora, einer kleinen Stadt in Österreich, wurde am 12. Mai 1899 das Haus eines Apothekers, der eine Sodawasserfabrik betrieben hatte, zerstört²⁶⁾). In Folge der grossen Hitze explodirten in der Fabrik der Sodawasserapparat und eine mit demselben verbunden gewesene Kohlensäureflasche, ohne jedoch weiteren Schaden zu verursachen. Die Detonation war eine so gewaltige, dass sie im weiten Umkreise gehört wurde.

19. Der Brand der Kohlensäurefabrik in Bukarest und die dadurch verursachte Explosion von mehr als 100 Kohlensäureflaschen ist schon Seite 1311 erwähnt. Verluste an Menschenleben und grössere Verletzungen sind nicht zu verzeichnen, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass die Fabrik vor der Stadt liegt.

20. In dem Kohlensäurewerk der Société des produits chimiques in St. Denis bei Paris fand eine gewaltige Explosion²⁷⁾ statt. Ein Heizer wurde getötet und mehrere Arbeiter schwer verletzt. Nähere Mittheilungen fehlen.

21. Explosion einer Kohlensäureflasche in der Apotheke zu Miliitsch i./Schl.²⁸⁾. Die Flasche soll beim Einsetzen in den Selterswasserapparat explodirt sein. Ein Mann wurde getötet.

22. Explosion einer Kohlensäureflasche in einer Mineralwasserfabrik in Allenstein²⁹⁾. Da nähere Angaben fehlen, ist für die beiden letzten Fälle trotz der gegentheiligen Bezeichnung möglich, dass nicht die Kohlensäureflaschen, sondern die Windkessel geplatzt sind.

23. Explosion einer mit Stickoxydul gefüllten Flasche in Berlin³⁰⁾ am 23. August 1900. Nach den Untersuchungen ist ein plötzlicher Zerfall des Stickoxyduls als Ursache anzunehmen.

24. Explosion einer Sauerstoffflasche in Bitterfeld³¹⁾ am 9. April 1902. Dieselbe ist auf Knallgasbildung und Entzündung zurückzuführen. 3 Personen wurden getötet.

Aus der Zusammenstellung ergiebt sich, dass die ersten 4 Fälle auf schlechtes Flaschenmaterial zurückzuführen sind. Die folgenden 15 Fälle sind theils durch Überfüllung, theils durch Sonnenbestrahlung, Ofenwärme, fahr-

lässige Erhitzung oder Schadenfeuer, kurz durch einen in Folge äusserer, nicht immer vermeidlicher Einflüsse zu hoch gesteigerten Druck verursacht worden. Für die 3 folgenden Explosionen sind die Ursachen nicht bekannt und die beiden letzten Fälle sind auf chemische Zersetzung im Innern der Flaschen zurückzuführen. Für die Frage der Verhinderung von Flaschenexplosionen durch Sicherungsvorrichtungen können die letzten 5 Fälle nicht mit zum Vergleich herangezogen werden und so bleiben nur 19 Fälle übrig, von denen mindestens 14 Fälle hätten verhindert werden können, wenn die Flaschen mit Sicherungen versehen gewesen wären, welche zur rechten Zeit, das heisst noch ehe der höchste für die Flaschen zulässige Druck erreicht war, in Function getreten wären. Nun sind allerdings die bisher bekannt gewordenen, vorher beschriebenen Sicherungen nur wenig ausprobirt, und es wäre übereilt, wollte man jetzt sagen, dass ihre Anwendung die aufgezählten Explosionen hätte verhindern müssen. Die verhältnissmässig grosse Zahl der vermeidbaren Explosionen weist aber darauf hin, dass ausgedehnte Versuche mit den Sicherungen angestellt werden sollten, und es ist klar, dass wenn erst einmal das Interesse der Techniker für die Frage geweckt worden ist und die bekannten Sicherungen den an sie gestellten Anforderungen nicht entsprechen sollten, zweckdienlichere Neuconstructionen bald die jetzigen Sicherungen verdrängen werden.

Das deutsche Reichseisenbahnamt, welches sich das Verdienst zusprechen muss, zuerst den Verkehr mit verflüssigten Gasen durch Vorschriften geregelt zu haben, welche später von allen anderen Ländern angenommen worden sind, hat vor Kurzem die Eisenbahnverwaltungen Deutschlands veranlasst³²⁾, ihre Beamten und Arbeiter darauf hinzuweisen, dass die mit verflüssigten Gasen gefüllten Behälter nicht geworfen und weder der Einwirkung der Sonnenstrahlen, noch der Ofenwärme ausgesetzt werden dürfen. Es hat ferner bestimmt, dass über jede fernerhin etwa vorkommende Explosion solcher Behälter an das Reichseisenbahnamt unter Vorlage der Untersuchungsverhandlungen Bericht zu erstatten ist. Das so erhaltene, hoffentlich nur geringe Material wird sich besonders eignen zur Discussion der Frage, wie weit die erwähnten Sicherungen Explosionen zu verhindern im Stande sind.

Sollten die Behörden aus dem Anlass der Bitterfelder Knallgasexplosion den Ver-

²⁶⁾ Dasselbst 1899, 245.

²⁷⁾ Dasselbst 1900, 346.

²⁸⁾ Dasselbst 1897, 271.

²⁹⁾ Dasselbst 1897, 328.

³⁰⁾ Zeitschr. angew. Chemie 1902, 572.

³¹⁾ Kohlensäure-Zeitschr. 1902, 285.

³²⁾ Zeitschrift für die ges. Kohlensäureindustrie 1902, 394.

kehr mit verdichteten Gasen durch neue Bestimmungen regeln wollen, so werden sie nicht umhin können, die Frage der Sicherungen mit in den Kreis ihrer Erwägungen zu ziehen.

Mittheilung aus der chemischen Fabrik von Kunheim & Co.

Ueber den gerichtlichen Nachweis von Blut.¹⁾ Von William Küster.

Dem physiologisch-chemischen Institut zu Tübingen sind von verschiedenen Gerichtsstellen des Landes wiederholt mehr oder minder umfangreiche Packete mit einem begleitenden Schreiben zugegangen; in jenen befanden sich alte Kleidungsstücke oder Wäsche, Hüte, Stiefel, Instrumente aller Art, in dem Schreiben aber war die Aufforderung enthalten, bestimmte rostartige Flecke, welche sich an den Gegenständen vorfanden, daraufhin zu untersuchen, ob sie durch Blut, und speciell daraufhin, ob sie durch Menschenblut hervorgebracht seien.

Wie weist der Chemiker Blut nach? ist es möglich, Menschenblut von dem eines Thieres zu unterscheiden? das sind die Fragen, die uns heute Abend beschäftigen werden. Zu ihrer Erledigung müssen wir uns vor allen Dingen mit dem Begriff „Blut“ bekannt machen — mit dem, was der Durchschnittsmensch darunter versteht, kommen wir nicht aus.

Ich will mich kurz fassen: unter Blut versteht man das flüssige Gewebe oder die Flüssigkeit, welche im Leibe eines Thieres circulirt — Pflanzen haben kein Blut — und ein Thier, nach seinen chemischen Leistungen beurtheilt, ist ein aus Kohlenstoff, Stickstoff und noch ein paar anderen Elementen bestehendes Wesen, welches die genannten Grundstoffe nur in Form stickstoffhaltiger und stickstofffreier organischer Verbindungen aufnehmen kann, also als Eiweiss, Fette, Stärke und Zucker, Producte, welche ihm direct oder indirect von den Pflanzen geliefert werden.

Diese Stoffe oder Derivate derselben kreisen im Blute, das Blut dient in erster Linie der Ernährung der Thiere, in zweiter der Athmung, aber nicht bei allen Thieren.

Das Blut niederer Thiere ist des Öfteren untersucht worden²⁾), aber die chemischen Resultate sind sehr dürftig, weil den For-

schern meist zu wenig Material zur Verfügung stand. Im Allgemeinen darf man wohl aber sagen, dass die Zusammensetzung des Blutes um so complicirter ist, je höher das Thier entwickelt ist. Und so finden wir in den höchst entwickelten niederen Thieren, den Mollusken, speciell bei den Cephalopoden, ein Blut, welches sich in seiner Zusammensetzung schon recht dem rothen Blut der Wirbelthiere nähert. Es sieht blau aus und enthält als einen wesentlichen Bestandtheil das „Hämocyanin“, welches krystallisiert erhalten werden kann. Im Körper dient es der Athmung, der Übertragung des Sauerstoffs aus der Luft in die Zellen; 1 g dieses Stoffes vermag 0,4 ccm Sauerstoff aufzunehmen. Sobald es diesen abgegeben hat, verblasst die Farbe des Blutes. Noch möchte ich bemerken, dass dieser blaue Farbstoff höchst merkwürdigerweise Kupfer enthält (0,38 Proc.), merkwürdig einmal deshalb, weil Kupfer gewöhnlich als Gift gilt, und dann, weil im Meere, dem Aufenthaltsort der Cephalopoden, Kupfer höchstens in Spuren angetroffen wird. Ausser diesem Farbstoff sind noch eine Menge anderer Stoffe im Blut der erwähnten Thiere aufgefunden worden; kurz es ähnelt bereits dem rothen Blut der Wirbelthiere, an das der Laie allein zu denken pflegt, wenn von Blut die Rede ist. Doch möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass ein für das rothe Blut der Wirbelthiere charakteristischer Stoff, Hämoglobin genannt, auch im Blut wirbelloser Thiere gefunden worden ist. Die Möglichkeit ist also nicht ausgeschlossen, dass ein als von Blut herrührend charakterisirter Fleck nicht von einem Wirbelthier, sondern von einem Regenwurm, einer Mücke (Chironomus) oder einer Schnecke (Planorbis) stammt. Die Wahrscheinlichkeit ist allerdings sehr gering, sind doch im Blut dieser Thiere höchstens Spuren von Hämoglobin gelöst. Unsere ferneren Betrachtungen werden sich daher auch fast ausschliesslich auf das rothe Blut der Wirbelthiere beziehen. Das ist nun, wie allbekannt, eine rothe undurchsichtige Flüssigkeit, welche bald nach dem Austritt aus dem Körper zu gerinnen pflegt. Auf diese wichtige Eigenschaft brauche ich hier nicht näher einzugehen, weil sie in keiner Beziehung zum Nachweis des Blutes steht, beträgt doch auch die Menge der die Gerinnung bewirkenden Substanzen nur wenige Zehntel (0,1—0,4) Proc. vom Blut. Man kann endlich dem Blut die Eigenschaft zu gerinnen u. A. dadurch nehmen, dass man es gleich nach dem Austritt kräftig mit einem

¹⁾ Vortrag in der „Dienstags-Gesellschaft“ zu Tübingen gehalten.

²⁾ Vergl. z. B. Griffith's Respiratory Proteids. London, L. Rude & Co.

³⁾ Vergl. z. B. M. Henze, Zeitschrift für physiol. Chemie 33, 371 (1901).