

zu 1 ist; dies würde einem Verhältnisse der Länge zum Durchmesser wie 3000 : 1 entsprechen. Unterhalb dieser Gränze der Länge gilt das Gesetz, wie die Tabelle auf S. 37 und 38 beweist, noch als angenähert richtiges; eine scharfe Gränze seiner Gültigkeit, wie sie H. Jacobson<sup>1)</sup> beim Wasser beobachtet hat, scheint also für Luft nicht zu bestehen.

Breslau, im August 1872.

---

## II. *Ueber einige Wirkungen des Inductionsfunken; von Dr. Hermann Herwig.*

---

### §. 1.

Man hat über die Temperaturverhältnisse der in Gasen unter verschiedenen Umständen, namentlich unter verschiedenem Druck, übergehenden Inductionsfunken nur auf indirectem Wege ein Urtheil zu gewinnen gesucht. Der Punkt ist indessen noch wenig aufgeklärt und so schien mir eine Vermehrung der Anhaltspunkte selbst dann wünschenswerth, wenn es sich nur um einen weiteren indirecten Weg handelte. Die Möglichkeit eines solchen glaubte ich vielleicht in dem Studium derartiger chemischer Wirkungen des Inductionsfunken auf die Gase zu finden, deren Eintreten an bestimmte Temperaturen geknüpft ist. Ich wählte Gemische von Knallgas und einem bestimmten Quantum Luft und setzte voraus, daß ihre Entzündung der gewöhnlichen Annahme nach erfolgen werde oder nicht, je nachdem an irgend einer Stelle des Gemisches eine gewisse Temperatur hergestellt sey oder nicht. Indessen will ich gleich bemerken, daß sich diese Voraus-

1) Archiv f. Anatomie 1861, S. 304; Ber. d. Kgsbg. Naturf. Vers. 1860, S. 142; Fortschr. d. Physik Bd. 17, 1861, S. 76.

setzung in dem einfachen Sinne als nicht zutreffend erwies, daß also auch meine Versuche über die ursprünglich in's Auge gefasste Frage kaum einen Aufschluß geben konnten. Dagegen zeigten sie eigenthümliche Mannichfaltigkeiten in der durch den Inductionsfunken bewirkten chemischen Verbindung des Knallgases, welche ich im Nachfolgenden mitzutheilen mir erlaube.

Die explosiven Gasgemische, hergestellt aus elektrolytisch bereitetem Knallgas und einer gewissen zugelassenen Menge Luft, befanden sich in calibrirten Glasröhren über Quecksilber. Es wurden vorzugsweise zwei Röhren benutzt, beide von 13<sup>mm</sup> innerem Durchmesser, wogegen die Länge bei der einen 850<sup>mm</sup>, bei der andern 1180<sup>mm</sup> betrug. Sie sind in den Versuchsangaben als kürzere und längere Röhre bezeichnet. Diese Röhren wurden in einen 870<sup>mm</sup> langen eisernen Flintenlauf eingesetzt, welcher vertical fest aufgestellt wurde, unten in einen Hahn und oben in ein weites, zu bequemerem Manipuliren geeignetes Becken endigte und ganz mit Quecksilber gefüllt war. Ein geringeres oder weiteres Einsenken der Röhre in den eisernen Lauf ermöglichte eine Variirung des Druckes innerhalb der gewünschten Gränzen. Im Allgemeinen bewegten sich die Versuche in nicht großen Drucken, weil dort die Gränze für das Ausbleiben und Eintreten der Entzündung am wahrscheinlichsten gesucht werden mußte.

Die Elektroden für den Inductionsfunken waren so hergestellt, daß oben in die Glasröhre ein Platindraht eingeschmolzen war, während von unten her ein spitz endigender Eisenstab durch eine die Röhre unten zum Theil verschließende Eisenplatte eingeschraubt war. Man konnte so die Eisenelektrode durch Schrauben in eine beliebige bequeme Entfernung von der Platinelektrode bringen und habe ich stets eine (in verticaler Richtung genommene) Elektrodendistanz von 13<sup>mm</sup> angewandt, die sich nach einigen Vorversuchen als bequem erwiesen hatte. Selbstverständlich bedeckte die untere Eisenplatte die Röhre nur so weit, daß eine völlig freie Circulation des Quecksilbers

ermöglicht war. Auch war um den Eisenstab, etwa 10 Cm. von der Spitze entfernt, ein radartiges Eisenstück gelegt, welches den Zweck hatte, die Spitze stets in der Mitte der Röhre zu halten. Bei der beschriebenen Einrichtung brauchte der eine Draht des Inductionsapparates nur einfach in das Quecksilber des Beckens eingetaucht zu werden.

Für die benutzten Inductionsströme war es wünschenswerth, daß sie möglichst gleichmäÙig, aber nur mit einer gewissen geringen Stärke verliefen. Zu diesem Zwecke benutzte ich einen Ruhmkorff'schen Apparat von der größten Sorte (angeblich 40<sup>cm</sup> Funkenlänge in gewöhnlicher Luft), der mit Foucault'schem Interruptor versehen ist, trieb denselben aber nur in dem einen Falle durch 1, in dem andern durch 4 einfache Grove'sche Elemente der gewöhnlichen Größe. Außer der Variirung des Stromes durch 1 oder 4 Elemente benutzte ich gelegentlich auch die Einschaltung einer Leydener Flasche von mittlerer Größe, wie sie Ruhmkorff in der Cascaden-Batterie seinen großen Apparaten zugiebt.

## §. 2.

Von nahezu zweihundert so angestellten Versuchen will ich im Folgenden nur einige herausgreifen, welche die jedesmaligen Beziehungen deutlich hervortreten lassen.

Als erstes Ergebniß ist anzuführen, daß durch alle genannten Entladungsarten eine explosive Verbindung je nach den Umständen eintreten oder ausbleiben kann, daß aber der Unterschied zwischen Eintreten und Ausbleiben der Entzündung nicht darin besteht, daß in letzterem Falle überhaupt keine Verbindung von Knallgas zu Wasser stattfände. Vielmehr wirkt die Entladung des Inductionsstromes in jedem Falle verbindend. Nur findet die Verbindung beim Ausbleiben der explosiven Entzündung ausschließlich auf dem Wege des Funkens selbst statt, ist in ihrem quantitativen Ergebniß also um so größer, je länger der Inductionsstrom wirksam ist. Ferner ist es unter diesen Umständen wohl als selbstverständlich anzusehen, daß mit

der Menge der übergehenden Elektricität die Verbindung selbst reichlicher wird. Man wird also sowohl durch das Einschalten der Leydener Flasche, wie auch durch Vermehrung der Batterie von 1 auf 4 Elemente schnellere nicht explosive Verbindung erhalten, vorausgesetzt, daß der so erzielte Durchgang einer größeren Elektricitätsmenge nicht eine momentane explosive Entzündung mit sich führt.

Alles das zeigen die Versuche. In den folgenden Zahlenzusammenstellungen, die nach dem Verlaufe meiner Versuchsreihen numerirt sind, ist zunächst diejenige Anzahl von Raumtheilen meiner Röhren (1,33 CC. bei 1<sup>cm</sup> verticaler Länge) angegeben, welche Luft und Knallgas auf denselben Druck von 100<sup>mm</sup> berechnet einnehmen würden, dann der Druck  $p$ , worunter das Gasgemisch stand, und das Volumen  $v$  in Raumtheilen der Röhre, welches es unter dem Drucke  $p$  einnahm.

32. Versuch		Kürzere Röhre	1 Element	
Volumen für 100 <sup>mm</sup> Druck				
Luft	Knallgas	Druck $p$	Volum $v$	
1,7	2,8	35 <sup>mm</sup>	12,9.	Ohne Flasche

innerhalb einer Minute allmähliche Verbindung, so daß aus 2,8 Raumtheilen Knallgas 1,4 wurden.

25. Versuch		Kürzere Röhre	1 Element	
Luft	Knallgas			
4,1	3,9	54 <sup>mm</sup>	14,8.	Mit Flasche in $\frac{1}{5}$ Minute
				von 3,9 auf 2,7; dann
				ohne Flasche in derselben
				Zeit von 2,7 auf 2,5

Es muß an dieser Stelle bemerkt werden, in welcher Art sich äußerlich die Entladung ohne oder mit Flasche zeigt. Ohne Flasche geht gar kein eigentlicher Funke, sondern nur eine Büschelentladung (die sogenannte Aureole) vor sich und zwar nur seitens des Oeffnungsstromes, also einseitig. Das Licht dieses Büschels besteht hauptsächlich aus dem Stickstoffspectrum erster Ordnung. Mit Flasche tritt erst der eigentliche Funke ein, der schon ohne Prisma betrachtet, wenigstens gleich nach seinem Beginn, die

rothe Farbe des Wasserstofflichtes zeigt; im Prisma treten neben sehr vielem andern über das ganze Spectrum verbreiteten Licht ganz besonders hell die drei Wasserstofflinien hervor.

Noch mögen folgende Versuche angeführt werden, welche der Anwendung von vier Elementen ebenfalls bei der kürzeren Röhre entsprechen.

## 110. Versuch

unter 100 <sup>mm</sup>	$p$	$v$	
$\overbrace{3,2} \quad \overbrace{7,8}$	70 <sup>mm</sup>	15,7.	Ohne Flasche in kurzer Zeit allmähliche Verbindung von 7,8 zu 3,2 Knallgas.

## 105. Versuch

	$p$	$v$	
$\overbrace{4} \quad \overbrace{3,5}$	90 <sup>mm</sup>	8,3.	Ohne Flasche in nicht langer Zeit alles verbunden.

## 106. Versuch

	$p$	$v$	
$\overbrace{5,3} \quad \overbrace{2,3}$	50 <sup>mm</sup>	14,5	gleichfalls.

Die obigen Behauptungen bestätigen sich hierdurch hinreichend. Nach diesen Erfahrungen verliert die Unterscheidung, welche Perrot<sup>1)</sup> zwischen der Verbindung eines Knallgasgemisches und derjenigen von andern Gasgemischen (z. B. Stickstoff und Sauerstoff) macht, welche ihre Verbindung nur unter fortwährendem Wirken des Funkens vollziehen, einiges von ihrer Bedeutung.

Diese nicht explosive Verbindung des Knallgases durch die Inductionsentladung würde nun für alle folgenden Untersuchungen sehr störend seyn, wenn sie noch lebhafter einträte, als es unter den Umständen meiner Versuche der Fall war, wenn man also stets variable Mengen Knallgas haben würde. So aber ist bei einem ganz kurzen Gehenlassen des Stromes jedenfalls dann niemals eine meßbare Einwirkung zu sehen gewesen, wenn bei Anwendung von 1 Element keine Flasche eingeschaltet war. Und auch die Flasche bewirkt durchaus nicht immer bereits bei einmaligem Oeffnen und Schließen eine merkbare

1) *Compt. rend. XLIX, pag 204.*

Volumenverminderung. Die Anwendung einer Batterie von 4 Elementen wirkt hingegen bereits sehr entschieden auf die nicht explosive Verbindung ein. Man muß eben, wenn man nicht gerade diese Verbindungsweise selbst studiren will, nur ein sehr kurzes Stromdurchgehen, welches nicht eine Secunde dauern darf, anwenden.

Schon die bis jetzt besprochenen Versuche lassen die Verhältnisse jener andern Verbindungsart, der explosiven, sehr unbestimmt erscheinen. Man denke sich ein Gasgemisch unter solchen Umständen, daß es gerade an der Gränze der explosiven Entzündlichkeit durch den angewandten Inductionsstrom steht. Die Entziehung einer geringen Quantität explosiven Gases wird in diesem Falle das Gemisch aus einem entzündlichen zu einem nicht entzündlichen machen, wie sich ohne weiteres erwarten läßt, wie es aber auch die spätern Untersuchungen zeigen werden. Der Inductionsstrom selbst kann nun aber in dem ersten Moment seines Durchgehens eine solche Entziehung durch nicht explosive Verbindung vornehmen, falls man es mit stärkern Elektricitätsmengen zu thun hat, falls also etwa 4 Elemente benutzt sind oder die Flasche eingeschaltet ist. Die größere Elektricitätsmenge läßt also in diesem Falle das Gemisch nicht mehr explodiren und muß so als eine Art Hinderniß für die Explosion angesehen werden, während natürlich andererseits eine höhere durch die Elektricitätsmenge hervorgerufene Temperatur die Explosion begünstigt. Für die Erläuterung dieses Punktes werden wir noch im Folgenden eigenthümliche Beispiele finden. Es kann demnach aus den mit Explosion verbundenen Versuchen auch nur ganz generell auf die Bedingungen der Explosion geschlossen werden, ohne daß die entsprechenden Zahlen einen scharfen Werth haben könnten.

### §. 3.

Was nun die momentan, also explosionsartig erfolgenden Verbindungen durch den Inductionsstrom betrifft, so geht hier die Verbindung nicht auf dem Funkenwege allein vor

sich, sondern unter der mit dem Verbrennen verbundenen Lichterscheinung durch einen größern Raum hindurch. Diese Verbindungsart ist, wie sich aus allen Versuchen ergibt, zunächst an folgende Bedingung geknüpft: Explodirt ein bestimmtes Gemisch, welches man in der Röhre unter einem bestimmten Druck und damit in einem bestimmten Volumen hat, durch den Inductionsstrom nicht, so kann es durch denselben Strom zum Explodiren gebracht werden, wenn man durch weiteres Einschieben der Röhre den Druck vermehrt und damit im Zusammenhange das Volumen vermindert.

Eine eingehendere Analyse dieser noch mehrere Umstände umfassenden Bedingung möge auf später verschoben und jetzt nur ein einziges Beispiel dafür gegeben werden.

17. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
unter 100 <sup>mm</sup>	<i>p</i>	<i>v</i>	
2,5    12,5	84 <sup>mm</sup>	17,9.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.
"       "	100	14,5.	do.       do.
"       "	110	12,9.	Ohne Flasche momentane Entzündung.

Die Kenntniß dieser Bedingung war nöthig für die Besprechung der wichtigsten Eigenthümlichkeit der explosiven Verbindungsart. Hat man nämlich ein Gemisch durch Einschieben der Röhre so weit im Druck gesteigert und im Volumen beschränkt, daß eine Explosion erfolgt, so erstreckt sich dieselbe in sehr vielen Fällen von den Elektroden aus nur auf einen gewissen Bruchtheil der Röhre und bringt nur ein gewisses Quantum des vorhandenen Knallgases zur Verbindung. Durch diese Verbindung ist nun zwar das Volumen kleiner geworden, aber auch der Druck. Und so genügt alsdann durchgehends nicht dieselbe Entladungsart des Stromes, um ohne weiteres noch eine explosive Verbindung herzustellen. Schiebt man dagegen die Röhre jetzt wieder weiter ein, so ist bei dem stärkern Druck und kleinern Raum eine weitere Explosion

durch denselben Inductionsstrom ermöglicht. Und auch diese Explosion ist sehr oft nur eine partiale. Ich habe es mehrmals erreicht, daß ich mit demselben Glasgemisch 4 aufeinanderfolgende Partialentzündungen vornahm durch stetige Wiederholung der oben angedeuteten Operation, bis die gesammte Menge Knallgas zur Verbindung gekommen war.

Es folgen einige Beispiele.

88 Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
unter 100 <sup>mm</sup>	<i>p</i>	<i>v</i>		
1,8    9,1	90 <sup>mm</sup>	12,1.	Ohne Flasche Partialentzündung, wodurch die Menge 9,1 Knallgas zu 3 wird.	
1,8    3	115	4,1.	Ohne Flasche jetzt totale Entzündung des Restes.	

57. Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
3    9,6	76 <sup>mm</sup>	16,6.	Mit Flasche Partialentzündung von . . 9,6 zu 4,5.	
„    4,5	70	10,6.	Mit Flasche Partialentzündung von . . 4,5 zu 2,6.	
„    2,6	78	7,2.	do. do. 2,6 zu 0,8.	
„    0,8	110	3,4.	Ohne Flasche totale Entzündung des Restes.	

112. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
3,2    16,1	100 <sup>mm</sup>	19,3.	Ohne Flasche Partialentzündung von 16,1 auf 8,3.	
„    8,3	105	11.	do. do. 8,3 auf 2,5.	

114. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
3,2    14,5	95 <sup>mm</sup>	18,6.	Mit Flasche Partialentzündung von . . 14,5 auf 8,4.	
„    8,4	95	12,2.	do. do. 8,4 auf 3,3.	
„    3,3	100	6,5.	Mit Flasche totale Entzündung des Restes.	



Diese Beispiele, die für eine sehr große Zahl von Versuchen sprechen mögen, zeigen das Eintreten solcher Partialentzündungen bei allen Entladungsarten. Faßt man die Sache zunächst nur von dieser allgemeinen Seite in's Auge, so läßt sie den Vorfall der explosiven Entzündung in einem nicht ganz gewohnten Lichte erscheinen. Es ist zunächst nicht richtig wenn Perrot<sup>1)</sup> behauptet, bei Knallgasgemischen genüge ein einziger Funke, welcher an einer einzigen Stelle eine Entzündung bewirke, um jedes beliebige Volumen der Mischung zur totalen Verbindung zu bringen.

Aber auch die ganze einfache Auffassung und Berechnung, welche Bunsen<sup>2)</sup> auf das Explosionsproblem anwendet, umfaßt die vorliegenden Versuche nicht. Der Auffassung Bunsen's liegt die Voraussetzung zu Grunde, daß die Entzündungstemperatur eines Gemisches niedriger, als seine Verbrennungstemperatur sey. Bei einer Partialentzündung sieht man aber den Lichtballen des verbrennenden Gases sich eine Strecke weit in das Gemisch hineinbewegen und dann erlöschen, ohne daß er im Stande wäre, den Rest des Gemisches zur Entzündung zu bringen. Die äußere Erscheinung einer solchen Partialentzündung ist nach dieser Richtung hin sehr häufig von Interesse. Man sieht alsdann die Lichterscheinung sich nur bis  $\frac{1}{3}$  oder  $\frac{1}{2}$  der mit Glas angefüllten Röhre erstrecken und dort derartig endigen, daß nur einzelne Feuerspitzen noch aus dem Lichtballen nach unten hin hervorragen, wobei auch der compacte Ballen selbst nach unten hin entschieden schmaler geworden ist und lange nicht mehr den ganzen Querschnitt der Röhre erfüllt. Aber nicht in allen Fällen verläuft die Partialentzündung so. Mitunter erstrecken sich Lichtstreifen durch die ganze Länge der mit Gas gefüllten Röhre, nehmen dann aber kaum an irgend einer Stelle den ganzen Querschnitt der Röhre ein.

Schon die Mannichfaltigkeit der Lichterscheinungen schließt den Verdacht aus, als sey vielleicht die Mischung

1) *Compt. rend.* XLIX, pag 204.

2) Bunsen, gasometr. Methoden S. 260.

von Luft und Knallgas keine vollständige gewesen, was übrigens auch bei der geringen Luftmenge, die in den bisher besprochenen Versuchen zugegen war, kaum angenommen werden kann (es war stets zuerst Luft und dann Knallgas in die Röhre geschafft worden). Ich habe mich über diesen Punkt indessen noch entschiedener zu beruhigen gesucht, indem ich den als 57. Versuch angegebenen erst ausführte, nachdem die gefüllte Röhre 7 Stunden stehen gelassen und also die Diffusion sicher vollständig war. Der Versuch hat nichts anderes ergeben, als alle übrigen, bei denen ich stets nur die gefüllte Röhre kräftig schüttelte.

Die Mannichfaltigkeit der Lichterscheinungen bei den Partialentzündungen legt übrigens auch der oberflächlichsten Erklärung derselben einige Schwierigkeiten in den Weg. Wenn nur die erste häufigste Art der Lichterscheinung beobachtet wäre, so würde man vielleicht ganz allgemein sich dahin aussprechen können, daß Wärmeverluste, die sich mit der Entfernung von den Elektroden steigern, die Ursache der Partialentzündungen seyen. Will man diese Erklärung auch trotz des mitunter beobachteten andern Verlaufes der Erscheinung beibehalten, so ist vielleicht zu sagen, daß in einzelnen Fällen durch besondere Umstände Wärmeverluste nach einer Seite der Röhre hin mehr ermöglicht seyn können. Die verhältnißmäßige Seltenheit eines derartigen Verlaufes der Lichterscheinungen mildert einigermassen die daraus entspringende Schwierigkeit. Und ferner muß als nicht unwichtig erwähnt werden, daß bei großer Längsausdehnung der Gasschicht stets nur die erstere Art der Erscheinung auftritt, und daß gleichfalls diese Art es ausschließlich ist, welche bedeutende Quantitäten des Gemisches unentzündet läßt, während bei der andern Art immer nur ein kleiner Bruchtheil unverbrannt übrig bleibt.

Wenn diese Auffassung der Partialentzündungen die richtige ist, so ist es jedenfalls erforderlich, daß in längeren Gasschichten Partialentzündungen auftreten, wo bei kürzeren Schichten unter sonst gleichen Umständen totale Entzün-

dungen erfolgen. Um das zu prüfen, habe ich eine Reihe Versuche in der längern der oben erwähnten Röhren durchgeführt, wovon einige Beispiele folgen. Man vergleiche die Versuche 16 und 148 mit einander und ebenso 54 mit 143.

16. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
unter 100 <sup>mm</sup>	<i>p</i>	<i>v</i>	
<u>2,4</u> <u>10</u>	124 <sup>mm</sup>	9,8.	Ohne Flasche totale Entzündung.

148. Versuch.		Längere Röhre.	1 Element.
<u>17</u> <u>65</u>	147 <sup>mm</sup>	55,8.	Ohne Flasche Partialentzündung von . . 65 auf 10.

54. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
<u>2,4</u> <u>3,6</u>	120 <sup>mm</sup>	5.	Ohne Flasche totale Entzündung.

143. Versuch.		Längere Röhre.	1 Element.
<u>16</u> <u>48</u>	120 <sup>mm</sup>	53,3.	Ohne Flasche Partialentzündung von . . 48 auf 29.

Man sieht, in diesen Beispielen ist weder der Druck, noch auch die Menge Knallgas für die Raumeinheit, noch auch das Mischungsverhältniß von Luft zu Knallgas günstiger für eine Entzündung in der kurzen Röhre und doch geht dort eine totale Entzündung, in der langen Röhre dagegen eine partiale vor sich. Und so war es noch in einer Reihe weiterer Fälle.

Wenn so es wesentlich von der Länge der Gasschicht abhängt, ob partiale oder totale Entzündung eintritt, so kann man kaum einen andern, als einen graduellen Unterschied zwischen beiden Verbindungsarten annehmen. Man wird sagen dürfen, daß im Falle der partialen Entzündung dieselbe zu einer totalen werden würde, wenn man, ohne sonst etwas zu ändern, ein gewisses Stück der Gas enthaltenden Röhre von unten an außer Action bringen könnte. Es wird deshalb auch für die folgenden Einzel-

untersuchungen wenig Unterschied machen, ob man partielle oder totale Entzündungen beobachtet.

#### §. 4.

Gehen wir nun zur Besprechung der einzelnen Umstände über, unter denen eine Explosion stattfindet, so wurde bereits erwähnt, daß ein Einschieben der Röhre die Entzündung erleichtert. Hierfür mögen zunächst noch einige weitere den verschiedenen Entladungsarten entnommene Beispiele angeführt werden.

134. Versuch.			Längere Röhre.	1 Element.
unter 100 <sup>mm</sup>	<i>p</i>	<i>v</i>		
8,6    18	57 <sup>mm</sup>	47.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.	
"    "	112	23,8	do.    do.	
"    "	132	20	Ohne Flasche totale Entzündung.	

138. Versuch.			Längere Röhre.	1 Element.
13    29	86 <sup>mm</sup>	49,5.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.	
"    "	100	42,8	do.    do.	
"    "	106	4,0.	Ohne Flasche Partialentzündung von 29 auf 12,2.	

145. Versuch.			Längere Röhre.	1 Element.
15,6    18	70 <sup>mm</sup>	48.	Mit Flasche Durchgang ohne Entzündung.	
"    "	97	34.	Mit Flasche Partialentzündung von 18 auf 8,2.	

90. Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
2,5    16	100 <sup>mm</sup>	18,5.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.	
"    "	120	15.	Ohne Flasche Entzündung.	

26. Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
3,2    2,7	74 <sup>mm</sup>	8.	Mit Flasche Durchgang ohne Entzündung.	
"    "	130	4,5.	Mit Flasche Entzündung.	

Bei den Versuchen mit 4 Elementen, wovon gleichfalls ein Beispiel angeführt werden mag, ist die nicht explosive Verbindung gleich im ersten Augenblicke so stark, daß zur Vergleichung besser zwei verschiedene unter sich fast genau gleiche Füllungen zusammengestellt werden.

110. Versuch.	Kürzere Röhre.	4 Elemente.
$\overbrace{3,2 \quad 7,8}$	$\overset{p}{70^{\text{mm}}}$	$\overset{v}{15,7}$
		ohne Flasche nicht explosive Verbindung.

113. Versuch.	Kürzere Röhre.	4 Elemente.
$\overbrace{3,2 \quad 8}$	$105^{\text{mm}}$	$10,6$
		ohne Flasche Partialentzündung von 8 auf 2,3.

Alle diese Beispiele verlaufen in derselben Richtung. Es ist indessen wünschenswerth, die verschiedenen Umstände, welche in diesen Fällen zusammenwirkten, zu trennen. Wenn man die Röhre einschiebt, so wird gleichzeitig der Druck vermehrt und das Volumen vermindert. Es fragt sich nun z. B. ist das Entscheidende für die bessere Explosivität hier das nähere Aneinanderrücken der Molecüle des Knallgases und hat der Druck als solcher keine Bedeutung? Ueber diese Frage entscheiden folgende Zahlen.

55. Versuch.	Kürzere Röhre.	1 Element.
$\overbrace{3,1 \quad 5,9}$	$\overset{p}{60^{\text{mm}}}$	$\overset{v}{15}$
		ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.
	85	10,5
		do. do.
$\overbrace{13,6 \quad 5,9}$	130	15
		ohne Flasche Entzündung.

Es war hier also die Steigerung des Druckes durch Beimischung einer weiteren Quantität Luft erzielt und die Entzündung ist bewirkt trotz der größern Verdünnung des Knallgasgemisches bei einem Volumen von 15, während ohne diesen größern Druck dasselbe Knallgas in einem Volumen von 10,5 nicht explodirte. Ganz in der gleichen Weise verliefen alle einschlagende Versuche.

Auf der anderen Seite sind auch Fälle beobachtet worden, wo die Verkleinerung des Raumes für sich, ohne gleichzeitige Druckänderung und ohne daß in die Raumeinheit mehr Molecüle Knallgas gedrängt worden wären, eine Erleichterung der Entzündung bewirkte, wie folgende Beispiele zeigen, wovon die zwei erstern und die zwei letztern zusammengehören.

139. Versuch.	Längere Röhre.	1 Element.
$\overbrace{13,8 \quad 29,8}^p$ 100 <sup>mm</sup>	$\overbrace{43,8}^v$	ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.

142. Versuch.	Längere Röhre.	1 Element.
$\overbrace{7 \quad 2,4}^p$ 107	$\overbrace{8,8}^v$	ohne Flasche totale Entzündung.

89. Versuch.	Kürzere Röhre.	1 Element.
$\overbrace{1,2 \quad 3,2}^p$ 110 <sup>mm</sup>	$\overbrace{4}^v$	ohne Flasche Entzündung.

136. Versuch.	Längere Röhre.	1 Element.
$\overbrace{8,6 \quad 18}^p$ 112	$\overbrace{24}^v$	ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.

Indessen muß ich bemerken, daß sich auch manche Versuche diesem Verhalten weniger anschmiegen, daß die Volumveränderung überhaupt nicht so entschieden die Explosion zu begünstigen scheint, als es die Druckvermehrung thut.

Ein weiterer für die Entzündung günstiger Umstand ist das Fehlen einer größern Luftmenge oder die reichlichere Concentration der Knallgas-Luft-Mischung. Man vergleiche folgende Zahlen, welche sich sämtlich auf die kürzere Röhre und 4 Elemente beziehen.

130. Versuch.	Kürzere	4 Elemente.
$\overbrace{32,2 \quad 4}^p$ 335 <sup>mm</sup>	$\overbrace{10,8}^v$	ohne Flasche nicht explosive, allmähliche Verbindung.

## 131. Versuch.

$\overbrace{32,2} \quad \overbrace{9}$	304 <sup>mm</sup>	13,5	ohne Flasche totale Entzündung.
--	-------------------	------	---------------------------------

## 129. Versuch.

$\overbrace{32,2} \quad \overbrace{12,2}$	225 <sup>mm</sup>	19,8	ohne Flasche totale Entzündung.
---	-------------------	------	---------------------------------

## 128. Versuch.

$\overbrace{32,2} \quad \overbrace{25,4}$	200 <sup>mm</sup>	28,8	ohne Flasche totale Entzündung.
---	-------------------	------	---------------------------------

Trotz kleinern Drucks und größern Raumes erfolgen die Explosionen bei den concentrirteren Mischungen. In diesen 4 Reihen nimmt die Anzahl der Luftmoleküle in der Raumeinheit ab, während die Anzahl der Knallgas-moleküle in der Raumeinheit zunimmt. Es ist nun zu erwarten, daß der letztere Umstand hierbei die wesentlichste Rolle spielt. Darauf deuten denn auch wirklich eine Reihe von Versuchen hin, bei welchen mehrere Partialentzündungen stattfanden. Es war hierbei sehr häufig zu beobachten, daß nach geschehener Partialentzündung ein Einschieben der Röhre auf ungefähr den frühern Druck, wobei die Anzahl von Knallgas-molekülen in der Raumeinheit nicht beträchtlich geändert wurde, während die in constanter Menge anwesenden Luftmoleküle in immer engere Räume traten, ein weiteres Entzünden ermöglichte. Man vergleiche hierüber beispielsweise einige der bei den Partialentzündungen angeführten Versuche.

Ungefähr denselben Sinn hat die Bemerkung, daß wenn die vorhandene Luftmenge nur eine geringe ist, besonders wenn sie nur einen Bruchtheil der Knallgasmenge ausmacht, wie es bei den meisten meiner Versuche der Fall war, daß es dann ziemlich gleichgültig ist, ob diese Luftmenge etwas mehr oder etwas weniger beträgt. Der Einfluß der Concentration tritt erst deutlich in's Spiel, wenn eine relativ bedeutende Luftmenge zugegen ist.

Es bleibt jetzt noch ein Punkt zu besprechen übrig,

der Einfluß der verschiedenen Entladungsarten, den wir für die nicht explosive Verbindungsweise bereits kennen lernten.

Vergleicht man zunächst bei Anwendung derselben Batterie die mit oder ohne Einschaltung der Leydener Flasche gewonnenen Resultate, so ergibt sich ganz allgemein, daß die Einschaltung der Flasche die Entzündung erleichtert. Es würde zwar, da der momentane Verlauf einer Entzündung die genauere Lichtbetrachtung schwierig macht, nicht leicht zu sagen seyn, ob die eingeschaltete Flasche in jedem Falle auch gewirkt habe, d. h. ob ein eigentlicher Funkenübergang erfolgt sey. Aber hier tritt der günstige Umstand ins Spiel, daß bei der größern Anzahl von Entzündungen die Wirkung erst am Schluß eines kurzen Stromdurchgehens, also beim Oeffnen des Stromes erfolgt, und so ließ sich constatiren, daß die Wirkung der Flasche wirklich die des Funkenübergangs war. Einige Beispiele für die leichtere Entzündung durch den Funken gegenüber der Büschelentladung folgen hier:

40. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
unter 100 <sup>mm</sup>	<i>p</i>	<i>v</i>	
1,6    9,7	70 <sup>mm</sup>	16,2.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung, mit Flasche Partialentzündung von 9,7 auf 6,2.

44. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
3,1    13,5	90	18,5.	Ohne Flasche keine Entzündung, mit Flasche Partialentzündung von 13,5 auf 6,1.

31. Versuch.		Kürzere Röhre.	1 Element.
4,8    6,2	110 <sup>mm</sup>	10.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung, mit Flasche totale Entzündung.



144. Versuch.			Längere Röhre.	1 Element.
16	29	90 <sup>mm</sup>	50,3.	Ohne Flasche keine Entzündung, mit Flasche Partialentzündung v. 29 auf 18.

Im gleichen Sinne verliefen eine sehr große Anzahl von Versuchen.

Was ferner die Anwendung einer stärkern Batterie betrifft, so ist wegen der alsdann viel lebhafter vor sich gehenden nicht explosiven Verbindung dem früher Bemerkten gemäß eine gewisse Störung in die Erscheinungen gebracht. So tritt z. B. bei folgenden fast unter gleichen Umständen ausgeführten Versuchen in einem Falle partielle Entzündung, im andern nicht explosive Verbindung ein.

109. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
3,2	8,8	75 <sup>mm</sup>	16.	Ohne Flasche Partialentzündung von 8,8 auf 4,9.

110. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
3,2	7,8	70	15,7.	Ohne Flasche allmähliche nicht explosive Verbindung.

Uebrigens spricht doch die größere Zahl von Versuchen für die geförderte Entzündlichkeit durch Verstärkung der Batterie. So ist z. B. dem eben angeführten 109. Versuch gegenüberzustellen der

38. Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
2,4	10,3	75 <sup>mm</sup>	17.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.

Ferner vergleiche man von folgenden Versuchen die beiden erstern, sowie die beiden letztern.

112. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
3,2	16	100 <sup>mm</sup>	19,3.	Ohne Flasche Partialentzündung von 16 auf 8,1.

90. Versuch.			Kürzere Röhre.	1 Element.
2,5	16	100 <sup>mm</sup>	18,5.	Ohne Flasche Büschelentladung ohne Entzündung.

122. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
6,6	31	155 <sup>mm</sup>	24,3.	Ohne Flasche sofort totale Entzündung.

99. Versuch.			Kürzere Röhre.	4 Elemente.
6,6	31	155 <sup>mm</sup>	24,3.	Ohne Flasche erst nach einigen Durchgehen totale Entzündung.

Die grössere durchgehende Elektricitätsmenge begünstigt also die Entzündung.

Fasst man die vorhergehenden Erfahrungen zusammen, so ist mit großer Bestimmtheit zu sagen, daß ein explosives Gemisch leichter explodirt, wenn man

1) den Druck desselben erhöht, ohne sonst etwas zu ändern,

2) seine Concentration steigert, speciell seine explosiven Molecüle näher zusammenbringt, ohne sonst etwas zu ändern,

3) die durchgehende Elektricitätsmenge vermehrt. Weniger bestimmt zeigt sich die Förderung der Entzündlichkeit durch bloße Volumverminderung. Dieser Umstand begünstigt indessen mit großer Bestimmtheit die totale Entzündung gegenüber der partialen.

Alle angeführten Zahlen haben jedoch einen nicht sehr präcisen Werth, da die Gränze zwischen explosiver und allmählicher Verbindung nicht scharf gezogen erscheint. Man kann zuweilen unter scheinbar nahezu denselben Umständen bald die eine, bald die andere Verbindungsart erhalten, und es war deßhalb eine große Anzahl von Versuchen nöthig, wenn auch nur die vorhin genannten allgemeinen Schlüsse gewonnen werden sollten. Uebrigens

erachte ich den Gegenstand noch nicht für erledigt und behalte mir vor, auf denselben nochmals zurückzukommen, wenn ich die Versuche in Gefäßen von mannichfaltigeren Formen wiederholt haben werde, die mir für den Augenblick nicht zu Gebote stehen.

Aachen, den 27. Juli 1872.

---

### III. *Synaphie einiger noch nicht untersuchter Stoffe, insbesondere der zusammengesetzten Aethertheilchen;* *von Dr. Robert Scholz in Glogau.*

---

#### Erster Theil.

#### I.

#### Cohäsion und Adhäsion tropfbar flüssiger Körper.

Cohäsion bezeichnet bei den Physikern Begriffe von verschiedener Bedeutung. In alter Zeit verstand man darunter jede Kraft im Körper, die sich auf den Zusammenhang der Theile bezieht; selbst die chemische Affinität. Später, als man die verschiedenen Arten von Zusammenhang unterscheiden lernte, schränkte man den Begriff immer mehr und mehr ein und gebrauchte ihn nur für die Kraft, welche nöthig ist, um den Zusammenhang der Theile eines Körpers zu trennen; also gleichbedeutend mit Festigkeit. Wir verstehen unter Cohäsion im weiteren Sinne nach Frankenheim<sup>1)</sup> alle im Innern des Körpers wirkenden Kräfte, welche seine räumliche Anordnung bestimmen, aber weder in seinem Aggregatzustande noch in seinem chemischen Verhalten eine Aenderung hervorbringen.

1) Frankenheim, Die Lehre von der Cohäsion. Breslau, 835. S. 12.