

DINGLERS POLYTECHNISCHES JOURNAL.

82. Jahrg., Bd. 316, Heft 31.

Stuttgart, 3. August 1901.

Jährlich 53 Hefte in Quart. Abonnementspreis vierteljährlich 6 M., direkt franko unter Kreuzband für Deutschland und Oesterreich 8 M. 65 Pf., für das Ausland 7 M. 30 Pf. Redaktionelle Sendungen und Mitteilungen bittet man zu richten: An die Redaktion von „Dinglers Polytechn. Journal“ in Stuttgart, die Expedition betreffende Schreiben an Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) Stuttgart.



Preise für Anzeigen: 1spaltig: 1 mm Höhe bei 45 mm Breite 10 Pf., 2spaltig (96 mm Breite): 20 Pf., 3spaltig (144 mm Breite): 30 Pf., 4spaltig (192 mm Breite): 40 Pf. Bei 6, 12, 24, 36maliger Wiederholung 10, 20, 30, 40 Prozent Rabatt. — Beilagen bis 20 Gramm 30 Mark netto. — Alleinige Annahmestelle für Anzeigen und Beilagen bei der Annoncen-Expedition Rudolf Mosse, Berlin, Stuttgart und Filialen.

Der sprechende elektrische Flammenbogen und die Versuche, denselben praktisch zu verwerten.

Bereits im Jahre 1897 beobachtete Dr. H. Simon, dass der Lichtbogen einer Gleichstrombogenlampe mit intensivem knatternden Geräusche zu ertönen beginnt, wenn in der Nähe der Bogenlampenleitung und parallel oder nahezu parallel zu derselben eine zweite Leitung verläuft, welche von schwachen, aber intermittierenden Strömen durchflossen ist.

Angeregt durch diese höchst wahrscheinlich zufällige Entdeckung, führte Simon eine Reihe von Versuchen durch, welche ergaben, dass diese Erscheinung schon durch sehr schwache Induktionsströme hervorgerufen wurde, und der Flammenbogen selbst durch die naturgemäss minimen Induktionsströme einer Telefonleitung zum Ertönen ge-

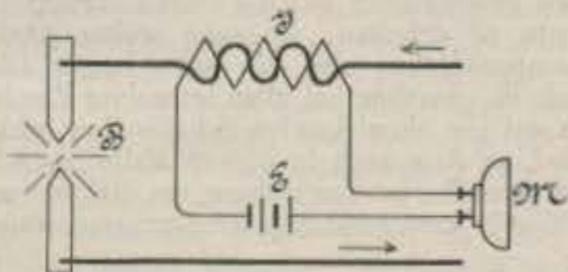


Fig. 1.

bracht werden konnte. Hierbei bediente er sich der in Fig. 1 dargestellten Anordnung. In derselben bedeutet B den Lichtbogen, M das Mikrophon, E die Mikrophonbatterie und J eine Induktionsrolle oder einen Transformator zur Erhöhung der Induktionswirkung.

Es zeigte sich nun zur Ueberraschung des Untersuchenden, dass der Flammenbogen nicht nur Klopfen, Pfeifen, Singen, Musizieren auf das Deutlichste übertrug, sondern auch selbst das gesprochene Wort verständlich wiederzugeben vermochte.

Die Lautwirkung als solche war hierbei jedoch so schwach, dass zur Wahrnehmung derselben mit Glastrichtern verbundene Hörrohre verwendet werden mussten.

In neuerer Zeit ist es nun einestheils durch Verwendung sehr empfindlicher Mikrophone, andernteils durch Ermittlung der günstigsten Versuchsbedingungen gelungen, die Wirkung so weit zu erhöhen, dass das Musizieren bezw. Sprechen der Flamme einer grösseren Zuhörermenge gut vorgeführt werden kann.

Ebenso wie als Empfänger, lässt sich der Flammenbogen auch als Geber verwenden. Es ist in diesem Falle nur die Mikrophonbatterie und das Mikrophon durch ein Telefon zu ersetzen.

Eine bedeutend vereinfachte Anordnung für diese Versuche wurde von Ernst Ruhmer in Berlin angegeben. Bei derselben wird sowohl der Transformator als die Mikrophonbatterie weggelassen, und direkt ein Zweigstrom der Lichtleitung, der durch einen entsprechenden Widerstand abgeschwächt ist, zur Speisung des Mikrophones verwendet. Diese Schaltung ist in Fig. 2 dargestellt, und bezeichnet hier B wieder den Lichtbogen und M das Mikrophon, wogegen der eingeschaltete Widerstand mit W hervorgehoben ist.

Dinglers polyt. Journal Bd. 316, Heft 31. 1901.

Weit bessere Resultate erzielt man mit der von W. Duddell angegebenen Schaltung, bei welcher der Lampenstromkreis von dem Mikrophonstromkreise vollständig getrennt wird, und die Uebertragung der intermittierenden Ströme desselben auf den Lichtbogen unter Vermittelung eines Transformators erfolgt. Der Gesichtspunkt, von welchem hierbei ausgegangen wurde, war der, dass ein Uebergang des Gleichstromes des Bogenlampenstromkreises in die Mikrophonleitung und umgekehrt des intermittierenden Stromes der letzteren in den Lampen-

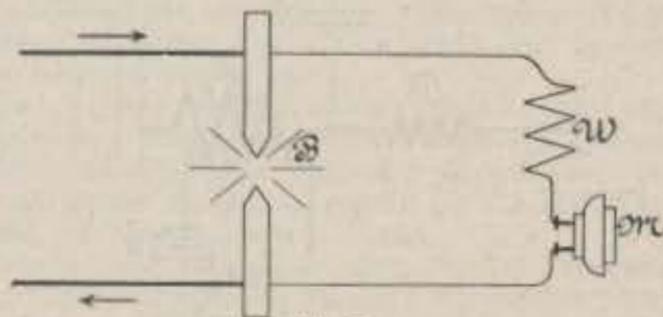


Fig. 2.

stromkreis hintanzuhalten ist, damit die Wirkungen beider Stromkreise im Lichtbogen am besten zum Ausdruck gelangen.

Zu diesem Zwecke wurde in die mit dem Lichtbogen in Verbindung stehende Leitung der Sekundärspule des Transformators ein Kondensator oder eine Kapazität eingeschaltet, welche den Uebergang der intermittierenden Induktionswechselströme in den Lichtbogen auf dem Wege der statischen Induktion zwar gestattet, aber dem Uebergange des Gleichstromes in die Transformatorleitung ein

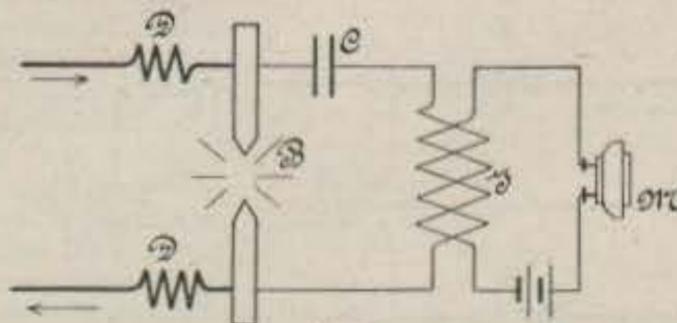


Fig. 3.

unüberwindliches Hindernis entgegengesetzt. Da nun weiter, wie bekannt ist, eine Selbstinduktion mit kleinem Widerstande (Drosselspule) einen Gleichstrom passieren lässt, einem Wechselstrom aber mehr oder minder den Weg versperrt, war es nur natürlich, dass in die Gleichstromleitung derartige Drosselspulen eingesetzt wurden. Bei der diesbezüglichen in Fig. 3 dargestellten Anordnung sind die Drosselspulen mit D und der Kondensator mit C bezeichnet. Die übrigen Bezeichnungen wurden den Fig. 1 und 2 entsprechend gleichgehalten.

Um den Lichtbogen als Mikrophon zu benutzen, wird

die etwas vereinfachte, in Fig. 4 dargestellte Schaltung verwendet, in welcher T das Empfangstelephon bezeichnet.

Dass diese Anordnung in verschiedener Weise abgeändert werden kann, zeigen die Fig. 5 bis 7. Die in Fig. 5 dargestellte Anordnung stammt von Simon, welcher dieselbe für jene Fälle anwendete, in welchen die Bogenlampe direkt von einer Dynamomaschine gespeist wird, indem sowohl die von ihm als von Dr. Reich durchgeführten Ver-

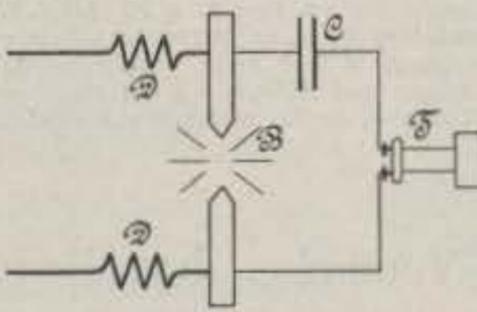


Fig. 4.

suche zeigten, dass sich mit der in Fig. 1 dargestellten Schaltung zwar die ganz gleichen Resultate dann erzielen lassen, wenn der Flammenbogen von einer Akkumulatorenbatterie gespeist wird, und sich in der Leitung keine Selbstinduktion vorfindet; wenn letzteres jedoch der Fall ist und die Dynamo als Selbstinduktion von grosser Drosselwirkung zu betrachten ist, lässt sich die Anwendung des Duddell'schen Kunstgriffes in dieser oder jener Form nicht vermeiden.

Bei der in Fig. 6 vorgeführten Anordnung, welche als eine Kombination der in Fig. 2 und 3 dargestellten anzusehen ist, ist ein Widerstand w und eine Selbstinduk-

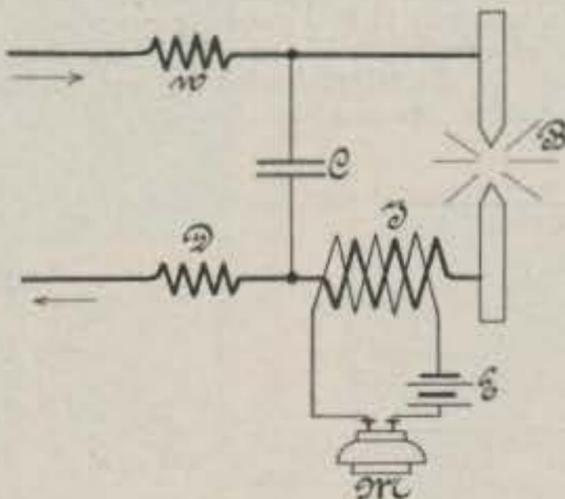


Fig. 5.

tion im Nebenschlusse zur Kapazität geschaltet. Diese Anordnung ergibt ganz gute Resultate. Als einfachste und zweckmässigste Schaltweise hat sich die in Fig. 7 dargestellte erwiesen. Bei derselben wird ein Mikrofonkreis direkt vom Lampenstrom abgezweigt und innerhalb der beiden Abzweigepunkte der Lichtleitung ein

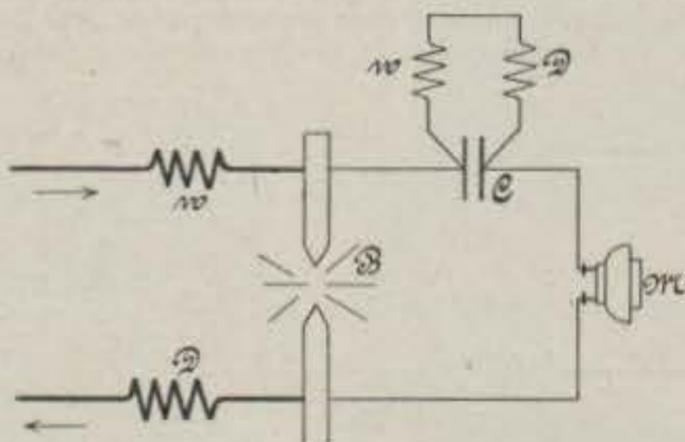


Fig. 6.

Widerstand und eine Selbstinduktion eingeschaltet, so dass die durch das Mikrophon hervorgerufenen intermittierenden Ströme den Weg über den Lichtbogen nehmen müssen.

Wie nun schon früher erwähnt und in der Schaltung Fig. 4 dargestellt wurde, kann auch der Flammenbogen selbst als Mikrophon ausgenutzt und die in demselben erregten Elektrizitätswellen in einem Telephon als Schallwellen aufgefangen, somit der Ton durch denselben übertragen werden. Da nun der Flammenbogen auf der einen

Seite als Mikrophon, auf der anderen Seite als Telephon wirkt, stellt sich nun von selbst die Frage, ob es nun nicht möglich sei, den Flammenbogen sowohl als Sender als auch als Empfänger zu verwenden und der beiden Bindeglieder, Telephon und Mikrophon, gänzlich zu entbehren.

Diese Idee wurde auch, sofort nach Bekanntwerden dieser im vorstehenden kurz skizzierten Eigenschaften des

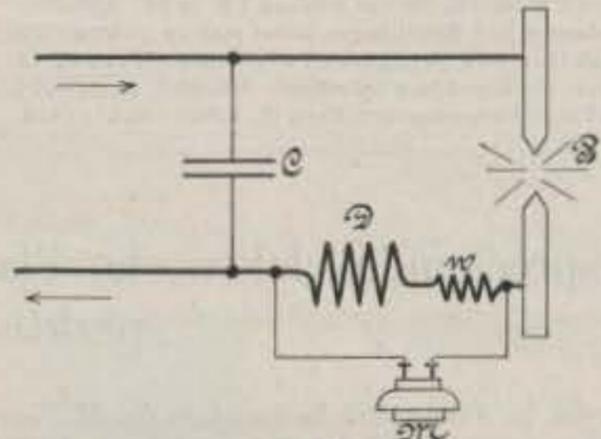


Fig. 7.

Flammenbogens, von J. H. West zum Ausdruck gebracht. Es ist dies nun auch thatsächlich der Fall, allein die praktische Durchführung begegnet manchen Schwierigkeiten, indem die Wirkung des Flammenbogens als Mikrophon eine relativ geringe ist, und es schon bei der Anordnung eines Telephons als Empfänger (Fig. 4) notwendig wird, die Schallwellen energisch auf den Flammenbogen zu konzentrieren und gleichzeitig, um eine entsprechende Lautwirkung zu erhalten, ein lautsprechendes Telephon in Anwendung zu bringen. Hierzu ist noch zu bemerken, dass, um die günstigsten Bedingungen für die Durchführung derartiger Experimente zu erhalten, ein sehr weiter Abstand der beiden Lampenkohlen, also ein sehr langer Lichtbogen erforderlich ist, welcher bei allzu intensiver Erschütterung durch die auf ihn einwirkenden Schallwellen leicht ausgeblasen wird, so dass auch in diesem Falle besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, um dies zu verhindern.

Die hierfür anzuwendende Schaltungsanordnung zeigt Fig. 8.

Bei der in Fig. 9 dargestellten Anordnung wird zwischen den beiden Feldmagneten der Dynamomaschine ein Transformator mit einem Mikrophonstromkreis eingeschaltet und hierdurch bedingt, dass der Feldmagnetstrom den Schwankungen des Mikrophonstromes folgt. Es entsteht hierdurch eine diesen Schwankungen entsprechende Oscillation der $E. M. K.$ der Dynamomaschine und müssen demnach alle in das Netz eingeschalteten Bogenlampen das wiederholen, was in das Mikrophon hineingegeben wird.

Auf diese Weise lassen sich von dem Maschinenhause aus Nachrichten nach allen Punkten des Netzes gleichzeitig verbreiten und ist selbst eine musikalische Uebertragung denkbar.

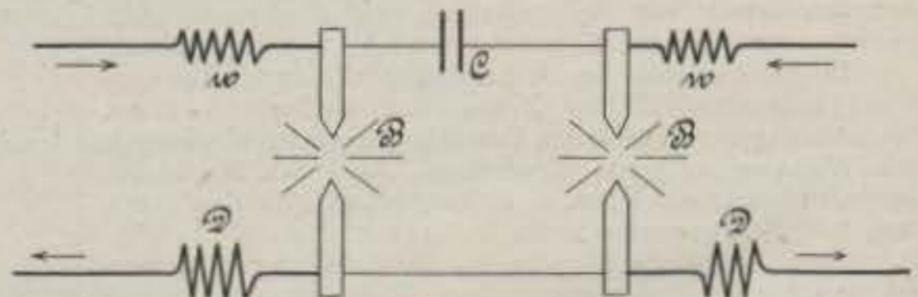


Fig. 8.

Selbstredend muss hierbei das Mikrophon so situiert werden, dass es durch die Geräusche und Erschütterungen des Maschinenraumes nicht beeinflusst wird.

Da diese Schwankungen der $E. M. K.$ der Dynamomaschine durch die Mikrophonströme, entsprechend der geringen Intensität der letzteren, nur äusserst geringe sein können, ist auch in keiner Weise zu befürchten, dass hierdurch das gute Brennen der Lampen Einbusse erleidet.

Zu Fig. 9 sei noch bemerkt, dass in derselben in Er-

gänzung der Bezeichnungen A den Anker und F die Feldmagnetwickelungen der Maschine darstellen.

Bevor nun auf weitere Erscheinungen, die unter bestimmten gegebenen Verhältnissen im Lichtbogen auftreten, und die mit den bereits bekannt gegebenen Erscheinungen in ursächlichem Zusammenhange stehen, übergegangen wird, sei der Versuch unternommen, die Ursachen, welche die Lautübertragung durch den Lichtbogen bedingen, so weit die bisherigen Forschungen reichen, klarzulegen.

Nach Prof. Dr. H. Th. Simon, welcher diesen Gegenstand bisher am eingehendsten verfolgte, sollen die überlagerten schnellen Stromänderungen mit denselben

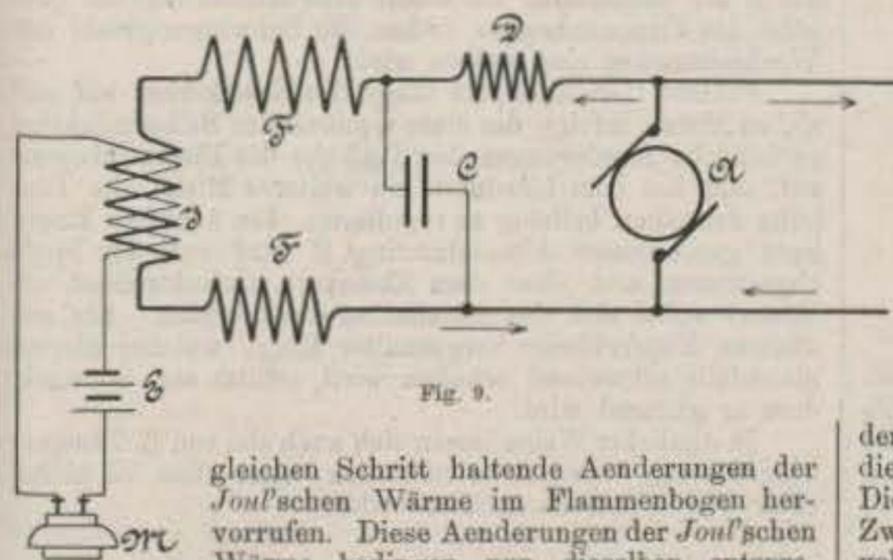


Fig. 9.

gleichen Schritt haltende Aenderungen der Joule'schen Wärme im Flammenbogen hervorrufen. Diese Aenderungen der Joule'schen Wärme bedingen nun dieselben entsprechenden Aenderungen des Volumens der

leitenden Gase des Lichtbogens, die sich naturgemäss in der umgebenden Luft als Schallwellen ausbreiten müssen.

Nach diesbezüglich ausgeführten Messungen soll ein Stromstoss, wie solcher durch eine Stimmgabelschwingung im Mikrophon hervorgerufen wird, eine Temperaturerhöhung des Flammenbogens um ca. $0,3^{\circ}\text{C}$. bedingen. Hieraus liessen sich nun die Volums- und Dichtigkeitschwankungen der Gase im Flammenbogen berechnen, welche sich mit den bei den Schallwellen gemessenen Schwankungen in guter Uebereinstimmung befanden.

Diese Anschauung bzw. Erklärung der Ursachen wurde vielfach bestritten und suchte namentlich Ingenieur L. Baumgardt die im sprechenden Flammenbogen auftretenden Vorgänge dadurch zu erklären, dass sich der Flammenbogen im magnetischen Felde der Erde befindet, wodurch er eine wenn auch kleine Ablenkung erfährt. Da nun die Grösse dieser Ablenkung der Stromstärke proportional ist, müsste dieser Flammenbogen bei Oscillationen der Stromstärke diesen Oscillationen genau folgen, welche sich natürlich wieder auf die umgebende Atmosphäre übertragen werden und die Lautwirkungen gleichfalls als erklärlich erscheinen lassen. Wäre nun diese Anschauung richtig, so müssten sich mit einem Flammenbogen in einem stärkeren magnetischen Felde viel kräftigere Wirkungen hervorrufen lassen. Da nun die von Simon im Vereine mit Baumgardt und Dr. Reich in dieser Richtung hin durchgeführten Versuche ein vollständig negatives Resultat ergaben, erscheint diese Erklärung hinfällig.

Hingegen dürften die Schlussfolgerungen, die F. Braun aus den Simon'schen Versuchen gezogen hat, die von letzterem gegebene Erklärung bestätigen. Er wies nämlich darauf hin, dass sich theoretisch die Intensität einer solchen Wärmewirkung beliebig steigern lassen muss. Die Joule'sche Wärme ist bekanntlich dem Produkte aus dem Quadrate der Stromstärke und des Widerstandes proportional. Wächst nun der Strom um eine kleine Grösse di , so ist die auftretende Joule'sche Wärme nicht mehr wi^2 , sondern gleich $w(i+di)^2 = wi^2 + 2widi + wdi^2$, was so viel besagt, dass die Zunahme der Joule'schen Wärme nicht bloss dem Stromzuwachs di , sondern auch dem ursprünglichen Strom proportional ist, sohin die Wirkung im Flammenbogen um so grösser sein muss, je stärker man den Bogenlampenstrom wählt.

Wenn nun auch das Vorhandensein eines richtigen Ohm'schen Widerstandes im Flammenbogen noch zweifelhaft ist, wiewohl die neueren Duddell'schen Versuche einen

solchen zu bestätigen scheinen, und andererseits eingehende Versuche in dieser Richtung noch nicht durchgeführt wurden, so lassen doch die bisherigen rohen Erfahrungen den Schluss zu, dass eine Vergrösserung der Stromstärke hauptsächlich die Lautwirkung des Flammenbogens günstig beeinflusst, wodurch die Erklärungen von Simon eine kräftige Stütze finden.

Für die Durchführung der einschlägigen Versuche sind eine Reihe von Vorsichtsmassregeln erforderlich; so ist es von grossem Vorteile, möglichst lange Flammenbogen zu haben. Duddell war der erste, welcher Flammenbogen bis zu 10 cm Länge verwendete, wiewohl sich auch mit Flammenbogen von 2 bis 3 cm ganz zufriedenstellende Ergebnisse erzielen lassen. Der Auswahl der Lichtkohlen ist grosse Aufmerksamkeit zu widmen, und haben sich für diese Zwecke Dochkohlen oder besser noch mit Salzen imprägnierte Kohlen (Bremer'sche Kohlen) am besten bewährt. Unter Umständen gelingen jedoch die Versuche bei Verwendung von nicht imprägnierter Homogenkohle ganz gut.

Um möglichst grosse Amplituden der durch das Mikrophon erregten Elektrizitätswellen zu erzielen, ist es wünschenswert, im Mikrophonstromkreise eine möglichst hohe Stromstärke anzuwenden. Allein hier kann leider eine gewisse Grenze nicht überschritten werden, weil sich bei zu hoher Stromstärke zwischen

den Elektroden des Mikrophones leicht Lichtbogen bilden, die das Mikrophon verbrennen und unwirksam machen. Die Versuche, widerstandsfähigere Mikrophone für diese Zwecke zu konstruieren, haben bisher leider noch zu keinem vollständig befriedigenden Ergebnisse geführt. Am besten haben sich für diese Zwecke bisher lautkräftige Kohlenkörner-Mikrophone erwiesen, die ausserdem noch den Vorteil haben, dass das Kohlenklein leicht und in einfacher Weise erneuert werden kann.

Der weitere Verfolg dieser Versuche hat zur Erkenntnis einer Reihe von neuen Thatsachen geführt, die ebenfalls das allgemeine Interesse zu erwecken berufen sind und grosse Bedeutung sowohl für die Elektrotechnik als auch die Physik besitzen dürften.

Schaltet man, wie dies bereits Duddell angegeben hat (Fig. 10), parallel zu einem Flammenbogen einen Stromkreis von geringem Widerstande mit einer Selbstinduktion D_1 und einer Kapazität C ein, so beginnt der Flammenbogen und zwar ziemlich laut mit einem reinen Tone zu ertönen. Die Höhe des Tones ist von der Länge des Lichtbogens und dem Werte der Kapazität und der Selbstinduktion abhängig und kann daher durch Aenderung derselben nach Belieben variiert werden.

Es ist auf diese Weise möglich, mittels passend abgestimmter Selbstinduktionen und Kapazitäten, welche durch eine entsprechende Tastatur abwechselnd in den Stromkreis eingeschaltet werden, den Flammenbogen als musikalisches Instrument zu benutzen.

Allerdings machen sich bei Ein- und Ausschalten der Tasten gewisse Tonschwankungen bemerkbar, die die Reinheit der zum Vortrage zu bringenden Melodie einigermaßen ungünstig beeinflussen. Dieser Nachteil wird sich jedoch bei exakter Ausführung der Tastatur wohl beseitigen lassen.

Prof. W. Peukert ist es gelungen, durch alleinige Anwendung eines Kondensators von bestimmter Kapazität — er benutzte für seine Untersuchungen einen Kondensator von 7,7 Mikrofarad — ganz ähnliche Wirkungen zu erzielen. Der Lichtbogen hatte eine Länge von etwa 0,75 mm und konnte innerhalb enger Grenzen geändert werden, in welchem Falle auch sofort eine Aenderung der Tonhöhe bemerkbar wurde. Ueber eine gewisse Länge des Bogens hinaus hörte das Tönen desselben vollkommen auf, um sich sofort wieder bemerkbar zu machen, wenn die ur-

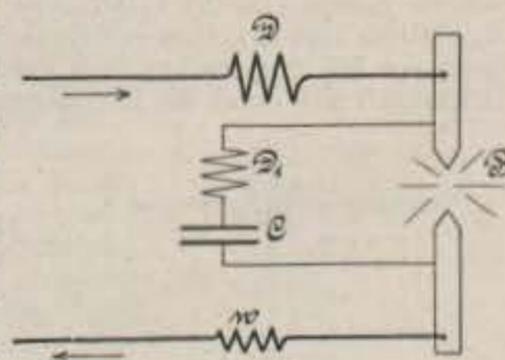


Fig. 10.

sprüngliche Länge desselben von neuem hergestellt wurde. — Diese Erscheinung lässt sich nun in der Weise erklären, dass durch die abwechselnden Ladungen und Entladungen des Kondensators Wechselströme entstehen, die über den Lichtbogen verlaufen und in demselben periodische Stromschwankungen erzeugen, die nun wieder auf die den Lichtbogen bildende Gassäule in bekannter Weise einwirken und zur Bildung von Schallwellen anregen.

Von Peukert durchgeführte Messungen zeigten, dass die erzeugten Induktionswechselströme im Kondensatoren-

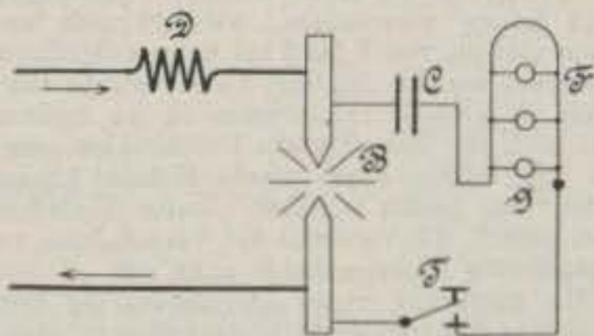


Fig. 11.

stromkreis bei relativ niedriger Spannung eine sehr grosse Intensität, bis zu 19 Ampère, und eine ausserordentlich hohe Frequenz, bis 9223 in der Sekunde, hatten. Durch diese Anordnung ist sonach ein äusserst einfaches Mittel zur Erzeugung starker Wechselströme von hoher Frequenz und niedriger Spannung gegeben. Die bisherigen Wechselströme hoher Frequenz, unter dem Namen Tesla-Ströme bekannt, zeigten infolge ihrer Erzeugungsart auch immer sehr hohe Spannungen (bis zu 500 000 Volt).

Mit den so erhaltenen Wechselströmen lassen sich nun auch die für Wechselströme charakteristischen Versuche ausführen. Wurde in den Kondensatorstromkreis, wie dies Fig. 11 zeigt, ein zu einem Bügel gebogener dicker Eisendraht *F* geschaltet und die beiden Zinken dieses Bügels durch Glühlampen *g* überbrückt, so begannen, sobald der Stromkreis durch den Taster *T* geschlossen wurde, nicht nur die Lampen zu brennen, sondern auch der Lichtbogen zu ertönen.

Der *Ohm'sche* Widerstand des Eisenbügels war mit 0,013 Ohm bestimmt, es hätte daher, da die unterste Lampe eine 10 Volt-Lampe war, um dieselbe mit Gleichstrom zum Erglühen zu bringen, durch den Bügel ein Strom von 769 Ampère hindurch gesendet werden müssen. Dies erklärt sich durch die Impedanzerscheinung, nach wel-

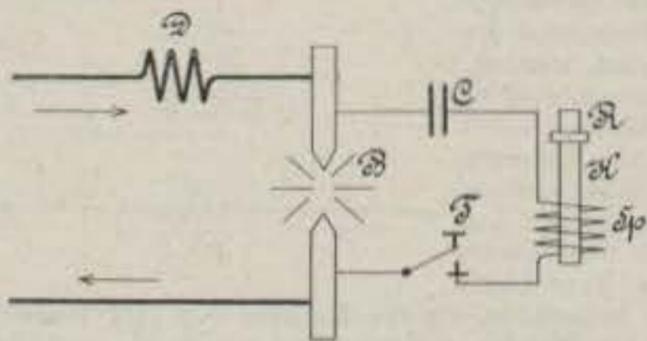


Fig. 12.

cher sich der Widerstand eines Leiters bei Durchgang von Wechselströmen hoher Frequenz anscheinend wesentlich erhöht. Diese Erscheinung wird dadurch erklärt, dass solche Ströme gar nicht in das Innere der Leiter eintreten, sondern nur an der Oberfläche derselben fließen. Der Nachweis hierfür lässt sich leicht erbringen, wenn man beispielsweise den Eisenbügel im vorhergehenden Beispiele (Fig. 11) durch ein Eisenband, dessen innerer Widerstand bedeutend grösser ist als der des Eisendrahtes, das aber auch eine bedeutend grössere Oberfläche hat, in der Weise überbrückt, dass eine Stromteilung stattfinden muss. In

diesem Falle verlöschen sämtliche Lampen sofort, da die Spannungsdifferenz in dem Eisenbügel erheblich kleiner geworden ist, als dieselbe nach dem *Ohm'schen* Gesetze sein sollte.

Peukert hat auch die elektro-induktive Abstossung durch derartige Wechselströme zur Darstellung gebracht, und zu diesem Zwecke in den Kondensatorstromkreis eine aus 2 mm starkem isolierten Kupferdrahte hergestellte Spule *Sp*, mit 6 Windungslagen zu je 14 Windungen (Fig. 12) geschaltet, und diese Spule über einen aus dünnen parallelen Eisendrähten gebildeten Kern *K* von 230 mm Länge geschoben. Sobald diese Spule eingeschaltet ist, bewirkt sie durch die Selbstinduktion sofort eine Aenderung der Tonhöhe des Flammenbogens, indem die Schwingungszahl des Wechselstromes eine andere wird.

Schiebt man die Spule längs des Eisenkernes auf und ab, so treten infolge der stets wechselnden Selbstinduktion periodische Aenderungen der Tonhöhe des Flammenbogens auf, und hat man hierdurch ein weiteres Mittel, die Tonhöhe desselben beliebig zu regulieren. Ein über den Eisenkern geschobener Aluminiumring *R* wird von der Spule abgestossen und über dem Eisenkern freischwebend erhalten, wobei sich das Aluminium stark erhitzt. Ein aus dünnem Kupferbleche hergestellter Ring, welcher hierbei gleichfalls schwebend erhalten wird, erhitzt sich so stark, dass er glühend wird.

In ähnlicher Weise lassen sich auch alle von *E. Thomson* ausgeführten Versuche wiederholen, ohne dass es hierzu einer Wechselstrommaschine bedarf.

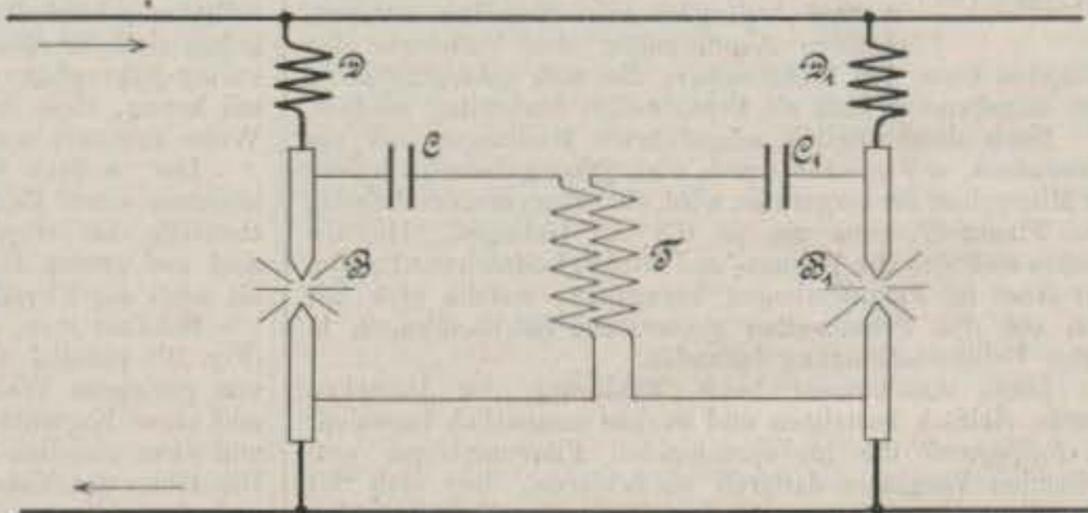


Fig. 13.

Durch die in Fig. 13 dargestellte Anordnung lässt sich das Pfeifen eines Lichtbogens auf den anderen übertragen. Haben die beiden Lichtbogen gleiche Länge und schliesst man den Kondensatorstromkreis der ersten Lampe, so beginnen beide Lampen gleichzeitig zu ertönen.

Es stellt sich nun die Frage, ob die Eigenschaft des Flammenbogens der Gleichstrombogenlampe, unter dem Einflusse elektrischer Wellen zu ertönen, ein Charakteristikum derselben ist, oder ob auch andere Flammen die gleiche Eigenschaft zeigen. Hier kann auf die Versuche von *Ruhmer* verwiesen werden, welchem es gelungen ist, die Flamme des Bunsenbrenners und überhaupt jede Flamme zum Sprechen zu bringen, wodurch der Nachweis erbracht ist, dass die Einwirkung elektrischer Wellen auf die Gassäule jeder Flamme die gleiche bleibt und die Einrichtung nur den jeweiligen Verhältnissen und Umständen angepasst werden muss.

Das praktische Ergebnis dieser interessanten Erscheinungen ist dormalen noch gleich Null zu betrachten, allein es eröffnen sich für die Zukunft vielversprechende Aussichten. Der raschen Verbreitung von Nachrichten nach allen Punkten eines elektrischen Beleuchtungsnetzes ist hierdurch die Bahn gebrochen. Allerdings beschränkt sich diese Vermittelung vorläufig nur auf die mit Bogenlampen versehenen Empfangsstellen; allein da, wie vorhin gesagt, auch alle anderen Gattungen von Flammen zum Mitsprechen gebracht werden können, dürfte es praktisch nicht allzu schwierig sein, durch eine entsprechende Ausgestaltung des Erregungsnetzes auch diese Flammen in das Ver-

mittelungsnetz einzubeziehen. Allerdings wird die Lautintensität dieser kleineren Flammen, da ja hier der eigene Betriebsstrom nicht zur Mitwirkung herangezogen wird, eine viel geringere sein als die des Lichtbogens einer Bogenlampe, aber dieselbe dürfte, insbesondere wenn es gelingt die Schallwellen konzentriert auf einen Punkt zu leiten, immer noch ausreichend sein, um eine vollkommen verlässliche Schallübertragung zu ermöglichen. Es ist ja hier nicht immer notwendig, die Aufmerksamkeit des Zuhörers unmittelbar zu erregen. Derselbe wird vielmehr, wie das bei der *Budapester Telephonzeitung* der Fall ist, so-

welcher dieselben auf die im Brennpunkte desselben gelegene Selenzelle konzentrierte.

Da nun bei dem sprechenden Lichtbogen mit den Temperaturschwankungen auch Lichtschwankungen verbunden sind, die den betreffenden Schallwellen genau entsprechen, bedarf es der Hilfsquellen eines Mikrophones überhaupt nicht mehr. Das von der Bogenlampe ausgehende Licht, welches mit Recht als sprechendes Licht bezeichnet werden kann, lässt sich durch einen Scheinwerfer leicht auf weite Entfernungen übertragen, dort konzentrieren und auf die Selenzelle werfen, und durch die-

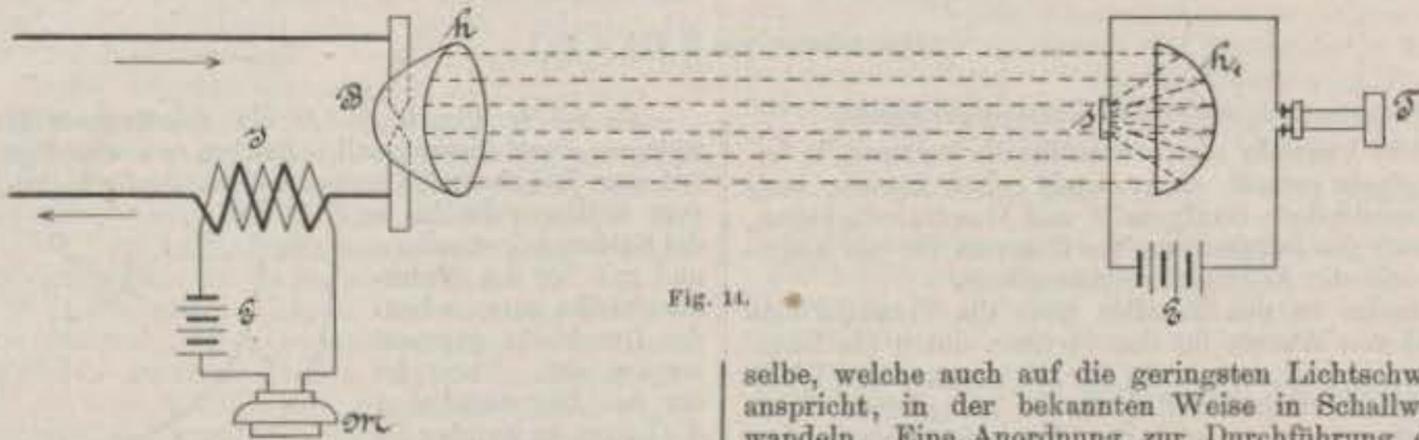


Fig. 14.

bald er sich über etwas informieren will, sich zum Empfangsapparate begeben und von demselben nach vorhergehender Einschaltung die Nachricht, die eben im Gange ist, abnehmen. Ob ein wirkliches Bedürfnis nach einer solchen Art der Nachrichtenvermittlung vorhanden ist, bleibt fraglich, da der einzige Fall einer dormalen bestehenden, auf ähnlichen Grundsätzen aufgebauten Vermittlungsanstalt, nämlich der *Budapester Telephonzeitung*, trotz der unleugbaren Erfolge, welches dieses Unternehmen erzielt hat, und des Anklanges, welches sich dasselbe noch heute in den Kreisen der Bevölkerung erfreut, anderweitig noch keine Nachahmung fand. Allerdings wurden seitens einer Reihe unternehmungslustiger Personen Versuche angebahnt, ähnliche Einrichtungen in anderen Städten, so auch namentlich in Wien, ins Leben zu rufen, allein die seitens der massgebenden Behörden gestellten Bedingungen liessen, wenn denselben in allen Punkten entsprochen werden wollte, eine Rentabilität eines solchen Unternehmens im vorhinein als ausgeschlossen erscheinen.

Da es unter Verwertung der sprechenden Flamme für die gleichen Zwecke ebenfalls eines ausgedehnten Leitungsnetzes bedarf und nicht anzunehmen ist, dass für die Errichtung eines solchen günstigeren Bedingungen als für ein einseitiges Telephonnetz zu erreichen sein werden, dürfen die Hoffnungen in dieser Beziehung nicht allzu hoch gespannt werden.

Hingegen dürfte der sprechende Flammenbogen insofern eine grosse praktische Bedeutung gewinnen, als sich derselbe, wie aus den Versuchen des Prof. Dr. H. Th. Simon und Ruhmer's hervorgeht, thatsächlich zur Durchführung einer drahtlosen Telephonie ausnutzen lässt. Die Grundlage hierfür hat Prof. Graham Bell mit seinem Radiophon, später Photophon genannten Apparate, schon vor Jahren festgelegt. Er benutzte die Eigenschaft einer Selenzelle, unter dem Einflusse des Lichtes den Leitungswiderstand proportional der Intensität der Bestrahlung zu verändern, dazu, den Widerstandswechsel in der Selenzelle unter dem Einflusse der wechselnden Bestrahlung zum Ansprechen eines Fernhörers in der Weise auszunutzen, dass er diese Zelle in einen Stromkreis mit einer Batterie und einem Fernhörer einschaltete, wodurch jede Widerstandsveränderung der Selenzelle im Fernhörer wahrgenommen werden konnte. Zur Hervorrufung der Lichtundulationen warf er vorerst die parallel gerichteten Strahlen einer Bogenlampe auf eine spiegelnde Membrane, die am Ende eines Sprachrohres befestigt war. Die von dieser Membrane reflektierten Strahlen wurden nun dem Empfänger zugeführt, welcher die bei Schwingung der Membrane undulierenden Lichtwellen in der erwähnten Weise in Schallwellen umsetzte. Zur Erhöhung der Wirksamkeit wurden die parallel einfallenden Lichtstrahlen auf einen Hohlspiegel geworfen,

selbe, welche auch auf die geringsten Lichtschwankungen anspricht, in der bekannten Weise in Schallwellen umwandeln. Eine Anordnung zur Durchführung der Lichttelephonie zeigt Fig. 14, in welcher hh , zwei Hohlspiegel und s die Selenzelle bezeichnen, wobei die übrigen Bezeichnungen den vorhergehenden gleichgehalten wurden.

Nachdem die Versuche ein durchaus greifbares Resultat ergaben und sich eine eigens präparierte Selenzelle als hinreichend empfindlich erwies, um den Schreibmagneten eines Telephones zu beeinflussen, wurden auch Versuche unternommen, die photophonisch einlangenden Gespräche magnetisch zu registrieren, welche, wenn auch die auf diesem Wege aufgenommenen Magnetophonogramme an Deutlichkeit noch manches zu wünschen übrig liessen, doch erwiesen, dass das *Poulsen'sche* Telephon als Photographophon eine Zukunft habe.

Man ist aber noch weiter gegangen und hat versucht, die einlangenden Phonogramme photographisch festzuhalten, und ist dies *Ruhmer* nach manchen vergeblichen Versuchen auch vollkommen gelungen. Er lässt zu diesem Zwecke das Licht der Lampe auf einen schnellbewegten lichtempfindlichen Film wirken und nimmt dadurch die Lichtschwankungen photographisch auf. Ist der Film hierauf entsprechend entwickelt und fixiert, so lässt sich das auf diese Weise festgehaltene Bild der Lichtschwankungen beliebig oft in der Weise akustisch reproduzieren, dass man den bewegten Filmstreifen durchleuchtet und das durchscheinende Licht auf eine Selenzelle wirft, welche in bekannter Weise mit Telephon und Batterie verbunden ist.

Für derartige Versuche empfiehlt es sich, als Lichtsender keine lautsprechende Bogenlampe zu verwenden, sondern einen sogen. stummen Lichtbogen, welcher die Lichtschwankungen ebensogut aufweist. Ein derartiger Lichtsender findet sich in der bekannten *Arons-Lampe*, welche einen Lichtbogen zwischen Quecksilberelektroden im luftleeren Raume liefert.

Zur Aufnahme der Schallwellen empfiehlt es sich, das Telephon in Verbindung mit einer Kapazität parallel zur Selenzelle zu schalten, um hierdurch zu verhindern, dass der von der Batterie gelieferte Strom das Telephon mit durchfließt. Diese Art der Anordnung ist in Fig. 15 dargestellt und ohne weitere Erklärung verständlich.

Die Perspektive, die sich durch diese Versuche, die doch nur den Anfangspunkt der Entwicklung darstellen, für die Praxis eröffnet, ist eine geradezu glänzende. Speziell der Phototelephonie dürfte insbesondere für nautische Zwecke eine grosse Zukunft vorausgesagt werden. Allerdings bedarf es noch einer grossen Summe von Arbeit, um

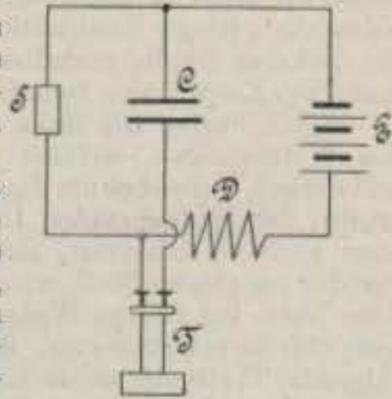


Fig. 15.

das erstrebte Ziel zu erreichen, aber die Wege sind bereits vorgebahnt, und dem nimmermüden Streben der Forscher wird es sicherlich bald gelingen, die sich noch entgegen-

stellenden Hindernisse zu beseitigen, und so in den grossen Bau der wissenschaftlichen Erkenntnis einen weiteren mächtigen Gedenkstein einzufügen.

Der Holländer.

Von Professor Alfred Haussner in Brünn.

(Fortsetzung von S. 474 d. Bd.)

3. Krümmungs- und Kontraktionswiderstände.

Nachdem nunmehr die Gesetze für die Reibung, in bestimmte Formeln gefasst, als ermittelt gelten können, auch für sehr verschiedene Stoffgehalte und Geschwindigkeiten, erübrigt noch die Bestimmung des Gesetzes für die Krümmungs-, sowie die Kontraktionswiderstände.

Wir finden in den Tabellen über die Versuche eine grosse Zahl von Werten für das Strömen durch die Rohrkombination $E+B$, worin B der Krümmer ist. Wenn wir von den Werten für $E+B$ die bezüglichen für E allein abziehen, was ja nach dem Vorangegangenen ohne weiteres ausführbar ist, so erhalten wir Zahlen, in welchen nur der Krümmungs-, der Reibungs- und der Kontraktionswiderstand für B allein enthalten ist. Den Reibungswiderstand daraus auch zu eliminieren, unterliegt nach dem eben Vorausgegangenem keinen Schwierigkeiten; somit sind Werte, welche den Krümmungs- und Kontraktionswiderstand zusammen enthalten, unschwer zu bekommen. Wie sollen nun diese getrennt werden?

Wenn die einschlägigen, soeben beschriebenen Rechnungen mit den Zahlen aus den Tabellen ausgeführt werden, so zeigt sich sofort, dass für den Krümmer Widerstandshöhen erhalten werden, die verhältnismässig klein sind. Ueberdies ist nicht zu zweifeln, dass durch das Kombinieren mehrerer Versuchswerte, von denen ja jeder mit einem gewissen unvermeidlichen Fehler behaftet ist, die bezüglichen Widerstandshöhen, welche für den Krümmer allein sich ergeben (ohne Reibung), weniger genau sind als die bezüglichen Einzelwerte, welche für den Krümmer benutzt worden sind. Weiters mag hervorgehoben werden, dass sich die Kontraktionserscheinungen beim Krümmer am meisten dem beobachtenden Auge zeigten, und zwar desto auffällender, je dicker der Stoff wurde. Möglicherweise sind trotz der eigentümlichen Form von E in dem Widerstand für Rohr E allein auch, nach dem Folgenden aber jedenfalls geringe Kontraktionswiderstände, besonders für die dickeren Stoffe, enthalten. Doch ganz unvergleichlich mehr war Kontraktion beim Krümmerausfluss zu bemerken.

Somit dürfen wir einen nicht ganz unbedeutenden Teil des Widerstandes, welcher summarisch für Krümmungswiderstand, vermehrt um den Kontraktionswiderstand, sich ergibt, der letztgenannten Ursache zuschreiben. Dann ist aber auch zu erkennen, dass der Krümmungswiderstand für die gangbaren Stoffgattungen sich nicht sehr bedeutend über jenen bei reinem Wasser erhebt. Folgende Betrachtung dürfte geeignet sein, diese aus den Versuchswerten folgende Thatsache näher zu begründen und zu einer für die vorliegenden Bedingungen brauchbaren Formel für den Krümmungswiderstand zu führen.

Der Krümmungswiderstand rührt von einer fortwährenden Ablenkung der Stoffteilchen aus der Geraden her. Bei unseren Papierstoffen im Holländer haben wir so viel Wasser, dass ein gegen Biegung, selbst bei ausserordentlich hohen Stoffprozenten, ungemein wenig widerstandsfähiger Körper entsteht, so dass wir gewiss anders zu schliessen haben, als für die Biegung fester Körper.

Bei der Krümmung findet aber eine innere Verschiebung der Teilchen, also auch innere Reibung statt, welche sich je nach Faserart und Konzentration verschieden gross gezeigt hat. Das was diesbezüglich auf das Wasser allein zu rechnen ist, haben ja bereits andere, ältere Untersuchungen klargestellt. Nur das für das Fließen der Fasern im Stoffe Zuzufügende zu ermitteln, ist hier unsere Aufgabe.

Es sei in Fig. 9 $A-D$ ein gekrümmter Kanal, in welchem Stoff fließen soll. Denken wir uns irgend eine, mit den Kanalwänden konzentrische Stoffschichte, welche vom mittleren Radius r die Entfernung x besitzen und mit der der Widerstandshöhe entsprechenden Druckhöhe gepresst werden soll. Dann ist für den Zentriwinkel β die Länge, an welcher die Stoffteilchen beim Fließen in dieser Schichte im Krümmer sich reiben:

$$l = \frac{\beta^\circ}{180^\circ} \cdot \pi \cdot (r+x).$$

Fig. 9.

Die zugehörige Stoffgeschwindigkeit sei v_x .

Die um dx entfernt liegende Nachbarschichte hat eine um dv_x davon verschiedene Geschwindigkeit, so dass die beiden Nachbarschichten relativ aneinander sich verschieben mit der Geschwindigkeit dv_x längs eines Weges

$$l = \frac{\beta^\circ}{180^\circ} \cdot \pi \cdot (r+x).$$

Benutzen wir nun diesen Weg und diese Geschwindigkeit, um mit Hilfe der allgemeinen, den Stoffgattungen bereits angepassten Gleichung 1^{**} für die Reibungswiderstandshöhe die Grösse der inneren, durch die Krümmung veranlassten Reibung zu finden.

Die Gleichung 1^{**} lautet nun allgemein:

$$h_r = \left[\frac{Ap^2}{v^3} + \zeta_r \right] \cdot l \cdot \frac{u}{F} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Was haben wir nun in unserem Falle für die in dieser Gleichung vorkommenden Grössen zu setzen?

A und p sind gewiss ohne weiteres, wie sie bereits erklärt worden sind, zu verwenden. ζ_r wäre wohl abzüglich des für Wasser folgenden Wertes, weil wir nur das für die Fasern Zusätzliche bestimmen wollen, also statt

$\zeta_r \dots \zeta_r = 0,00598$ zu setzen. Statt l kommt $(r+x) \pi \cdot \frac{\beta^\circ}{180^\circ}$.

Für $u \dots 2y$, wenn wir sogleich die unendlich kleine Breite dx an der Stelle x vernachlässigen und nur die eine Kanalhälfte berücksichtigen, einerseits einen offenen Kanal im Auge habend, andererseits deshalb, weil durch Berücksichtigung der zweiten Hälfte, wie sofort erprobt werden kann, kein anderes Schlussresultat erreicht wird. F muss gesetzt werden $y \cdot dx$. Somit bleibt nur noch v . In der Formel 1^{**} ist wohl v an beiden Orten, wo es vorkommt, als dieselbe Grösse gedacht. Geht das aber auch hier an?

In dem Gliede mit A und ζ_r hat v die Aufgabe, den Einfluss der allgemeinen Strömungsgeschwindigkeit auf die Lagerung der Fasern auszudrücken, somit wird es hier angezeigt sein, für v in dem Gliede mit A den Wert v_x einzusetzen. Anders aber in dem Schlussfaktor. Dort hat v die Aufgabe, den durch das Vorübergehen mit der Geschwindigkeit v entstehenden Widerstand festzulegen.

In diesem Sinne ausgelegt, haben wir aber dann für das Vorübergehen zweier Nachbarschichten im Krümmer offenbar dv_x zu nehmen.

Unter diesen Voraussetzungen wird dann die durch innere Verschiebung sich als zusätzlich ergebende Wider-