

**5. *Kinematographische Flammenbogaufnahmen
und das Photographophon, ein photographischer
Phonograph;*
von *Ernst Ruhmer.***

Bekanntlich ändert sich die Lichtintensität eines elektrischen Flammenbogens mit der Stromstärke, und zwar folgen die Schwankungen der Lichtintensität ungefähr den Stromwellen, wie dies wohl zuerst Fleming, Petavel¹⁾ und Burnie²⁾ bei Wechselstrom-Flammenbogen nachgewiesen haben.

Wie klein und schnell die Aenderungen der Stromstärke sein können, um noch eine photographisch nachweisbare Aenderung der Lichtintensität hervorzurufen, hat zuerst Duddell³⁾ constatirt. Er fand, dass Stromschwankungen von 3 Proc. des mittleren Wertes der Stromstärke eines Gleichstrom-Flammenbogens bei ca. 4300 Wechsel pro Secunde noch hinreichen, um Helligkeitsunterschiede auf einer bewegten lichtempfindlichen Platte hervorzurufen. —

Veranlasst durch die interessanten Duddell'schen Experimente habe ich einige kinematographische Aufnahmen eines elektrischen Flammenbogens ausgeführt, über die im Folgenden berichtet wird.

Der benutzte Flammenbogen ging zwischen zwei horizontal gelagerten Homogenkohlen über, deren Entfernung von Hand beliebig eingestellt werden konnte. Die Betriebsspannung betrug in allen Fällen 220 Volt, während der Vorschaltwiderstand bei den einzelnen Experimenten verschieden gross genommen wurde.

Die Aufnahmevorrichtung bestand zunächst aus einem gewöhnlichen photographischen Apparat, doch war die übliche Cassette desselben durch eine andere ersetzt worden, in welcher eine Trockenplatte in seitlichen Führungsnuten aus einer ge-

1) Petavel, Proc. Roy. Soc. **14.** p. 115. 1896.

2) W. Burnie, The Electrician **39.** p. 849. 1897.

3) W. D. Duddell, The Electrician **46.** p. 269. 1900.

wissen Höhe frei herunterfallen konnte. Die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher die fallende photographische Platte den Bildpunkt passirte, betrug 3 m in der Secunde.

Zwischen der Handregulirlampe und dem photographischen Apparat, in möglichst kleiner Entfernung von dem Flammenbogen, befand sich ein horizontal gerichteter Metallspalt von 1—2 mm Breite, sodass auf der Mattscheibe ein durch den Spalt begrenztes, scharfes Bild beider Kohlenspitzen erschien. Da der Apparat auf die Kohlenspitzen eingestellt war, der

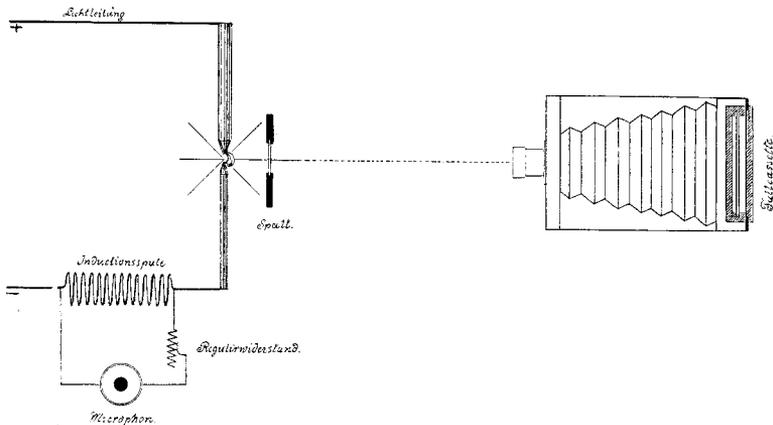


Fig. 1.

Versuchsanordnung für kinematographische Flammenbogenaufnahmen.

Metallspalt sich aber notwendigerweise in einiger Entfernung davor befand, war das Spaltbild auf der Mattscheibe etwa 2 mm breit und unscharf, ein Uebelstand, der sich bei dieser Anordnung nicht vermeiden lässt.

Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 1, aus welcher zugleich auch die Verbindungen der elektrischen Bogenlampe mit der Inductionsspule und dem Mikrophon zu ersehen sind.

Die Spule hat 900 Windungen eines 2 mm dicken Kupferdrahtes mit doppelter Umspinnung, der über einen 30 mm dicken Eisenkern, aus 3—4 mm dicken schellackirten Eisen drahtstäben bestehend, gewickelt ist. Parallel zur Spule ist ein empfindliches Deckert-Homolka'sches Graphitmikrophon unter Einschluss eines Regulirwiderstandes geschaltet, welche

Anordnung¹⁾ sich für Versuche mit dem sprechenden Flammenbogen²⁾ aufs beste bewährt hat.

Fig. 2 zeigt das kinematographische Bild des möglichst langgezogenen, aber unbeeinflussten Gleichstrom-Flammenbogens. Man ersieht daraus, dass der Lichtbogen um die Kohlenspitzen *rotirt* hat. Die helle Kante entspricht dem positiven Krater.

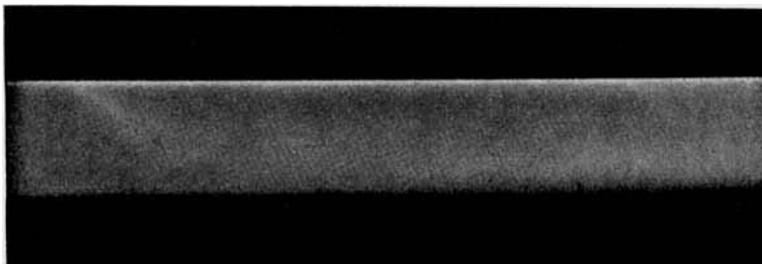


Fig. 2. Gleichstrom-Flammenbogen.



Fig. 3. Zischender Flammenbogen.

Fig. 3 ist das Bild, welches ein kürzerer unbeeinflusster Gleichstrom-Flammenbogen erzeugte. Die Flamme *zischte*, wie solches Bogenlampen bei der Einschaltung und vor der Einregulierung zu thun pflegen. Die unruhig verlaufende Seitenlinie entspricht der negativen Kohlenspitze und dürfte von der Rotation des Lichtbogens um dieselbe herrühren, da die Kohle zeitweise das Licht abblendete. Der Vorschaltwiderstand betrug bei diesem Versuch 5 Ohm.

Im Folgenden sind einige Aufnahmen *intermittirender* Bogen reproducirt. Zunächst wurde in die Lichtleitung ein Simon'scher

1) Vgl. E. Ruhmer, Physik. Zeitschr. **2**. p. 325. 1901.

2) Vgl. H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**. p. 233. 1898; Physik. Zeitschr. **2**. p. 253. 1901.

Flüssigkeitsunterbrecher¹⁾ eingeschaltet. Der Vorschaltwiderstand betrug 15 Ohm.

Fig. 4 zeigt die Unterbrechungen; sie sind scharf begrenzt und würde sich diese Methode vielleicht auch zum Zählen der Unterbrechungen benutzen lassen. Auf dem Negativ ist übrigens das Ansteigen der Stromintensität während jedes Stromimpulses deutlich zu erkennen. Auch die von mir schon früher hervorgehobene Unregelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Unterbrechungen²⁾ ist hierbei ganz auffallend. Dagegen scheint die Unterbrechungszeit selbst immer constant zu sein.

Bei dem folgenden Versuch wurden die Stromintensitätsschwankungen dadurch hervorgerufen, dass die Flamme durch



Fig. 4. Flammenbogen mit Flüssigkeitsunterbrecher.

einen in ihrer Nähe befindlichen Elektromagneten ausgeblasen wurde. Bei grosser Stromstärke (der Vorschaltwiderstand betrug 3 Ohm) zeigte sich die interessante Erscheinung, dass der Flammenbogen von selbst wieder aufleuchtete. Die magnetische Auslöschung und das Wiedereinsetzen des Bogens folgen unter Umständen sehr rasch, sodass ein sehr hoher pfeifender Ton entsteht, dessen Schwingungszahl bei Entfernung der Kohlen abnimmt. Bei weiterem Auseinanderziehen der Kohlen hört man ein scharfes Knarren, ähnlich dem Ton einer Mitrailleur, worauf die Flamme erlischt. Es ist mir gelungen dieses *Knarren* auf der fallenden Platte zu fixiren und zeigt Fig. 5 den Vorgang. Danach fanden 70 Unterbrechungen pro Secunde statt und zwar setzt der Strom plötzlich ein, nimmt langsam ab, ist eine gewisse Zeit ganz unterbrochen, um dann von selbst wieder einzusetzen.

1) Vgl. H. Th. Simon, Wied. Ann. 68. p. 860. 1899.

2) E. Ruhmer, Elektrotechn. Zeitschr. 21. p. 331. 1900.

Fig. 6 ist die photographische Wiedergabe eines dem Betriebsgleichstrom überlagerten (mittels Flüssigkeitsunterbrechers unterbrochenen) intermittirenden Stromes.

Fig. 7 zeigt in den feinen Querstreifungen, die auf dem Negativ deutlicher zu sehen sind als in der Reproduction, dass

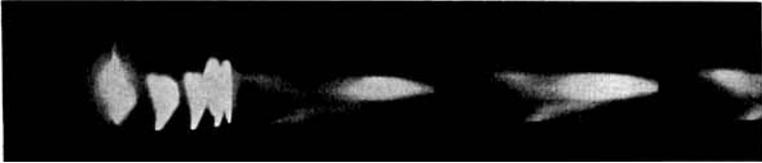


Fig. 5. Ausgeblasene Flamme.

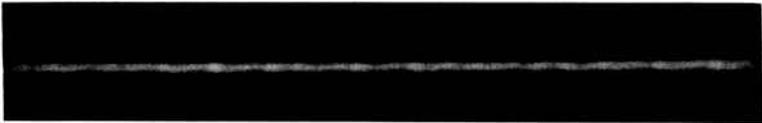


Fig. 6. Gleichstrom mit überlagertem Unterbrecherstrom.

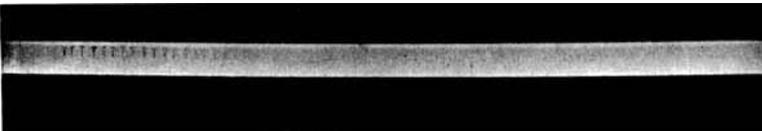


Fig. 7. Gepfiffen.

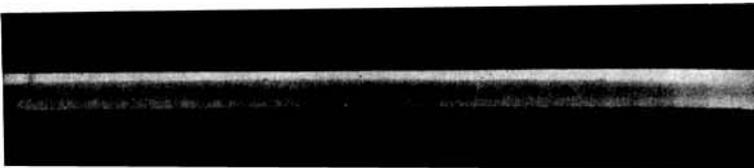


Fig. 8. Der Vocal O.

die Lichtintensität noch schwankt und photographisch nachweisbar ist, wenn in das Mikrophon *hineingepfiffen* wird. Aus dem 2 mm betragenden Abstand der Streifen berechnet sich die Schwingungszahl des Pfiffes zu ca. 1500 pro Secunde. Der Vorschaltwiderstand betrug bei diesem und den folgenden Versuchen etwa 24 Ohm.

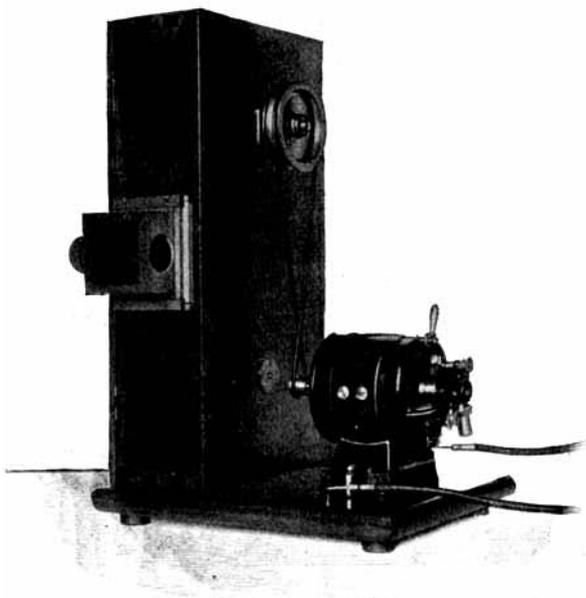


Fig. 9.

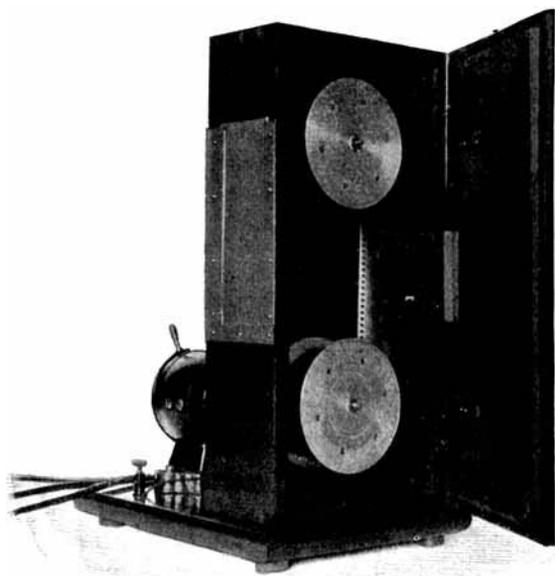


Fig. 10. Photographophon.

In Fig. 8 endlich ist der *gesprochene* Vocal *O* reproducirt, er wird gebildet von einer Anzahl starken und doppelt soviel schwächeren, in der Phase zusammenfallenden Schwingungen.¹⁾

Da dieser erste Versuch die Möglichkeit erwies, die Sprache photographisch zu fixiren, so habe ich einen anderen Aufnahmeapparat angefertigt, der die vorhin erwähnten Mängel nicht besitzt, in Folge dessen die Lichtschwankungen besser aufnimmt

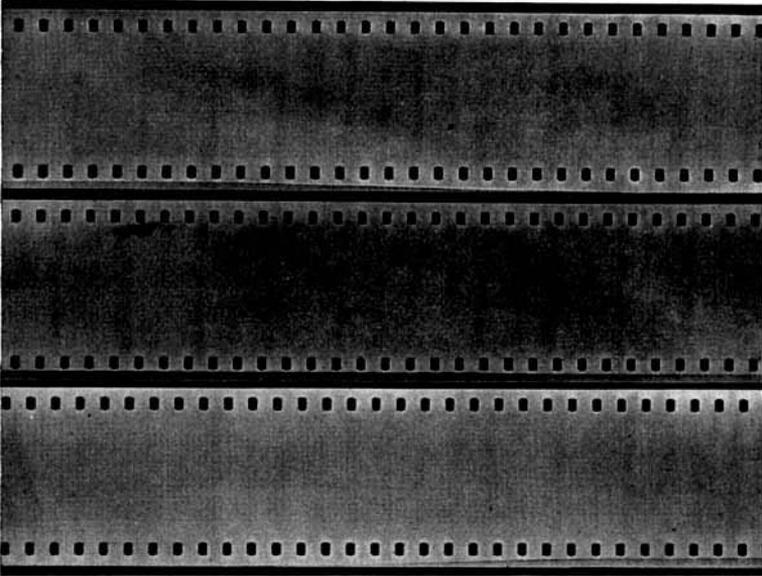


Fig. 11. Films mit Gesprochenem.

und gleichzeitig dazu geeignet ist, die *photographisch fixirte Sprache wieder zu reproduciren.*

In einer lichtdichten Cassette (Figg. 9 u. 10) befinden sich zwei Rollen, von denen die obere durch eine von einem kleinen Elektromotor aus angetriebene Welle in Rotation versetzt wird und den auf der unteren Rolle aufgewickelten Film mit einer Geschwindigkeit von 3 m in der Secunde abwickelt. Beide Rollen werden durch zwei an der Thür angebrachte Schleiffedern leicht gebremst. Ebenso wird durch zwei angebrachte Holzfedern der Film ober- und unterhalb der Auf-

1) Vgl. Lahr, Wied. Ann. 27. p. 94. 1886.

nahmeöffnung leicht angedrückt. Vorn am Apparat befindet sich eine *Cylinderlinse* mit der Axe in horizontaler Richtung. Diese Linse erzeugt, nachdem sie auf die Kohlenspitzen des Flammenbogens eingestellt ist, auf dem Film eine helle, äusserst feine Lichtlinie in der ganzen Breite des Films. Dadurch ist der Spalt entbehrlich, die Lichtstärke aber bedeutend erhöht worden.

Eine Aufnahme mit dem neuen Apparat, den man als *Photographophon* bezeichnen könnte, zeigt Fig. 11. Es ist ein Teil eines lichtbesprochenen Films.

Zur Reproduction des photographischen Phonogramms wird der Film in gleicher Weise und mit gleicher Geschwindigkeit wie bei der Aufnahme von der unteren auf die obere Rolle des Photographophons aufgewickelt. Er gleitet dabei, von der vorher als sprechenden Bogenlampe, jetzt als Projectionslampe benutzten Bogenlampe durch die Cylinderlinse beleuchtet, mit seiner Rückseite über eine Selenzelle mit besonders hoher Lichtempfindlichkeit. Die Lichtintensitäts-Schwankungen setzen sich in bekannter Weise in Widerstands- und Stromintensitäts-Schwankungen um und geben das Photophonogramm in zwei hintereinander geschalteten empfindlichen Telephonen mit überraschender Deutlichkeit unter Wahrung der Klangfarbe wieder. Die Lautstärke der Wiedergabe übertrifft die des Poulsen'schen Telegraphons. Ueber einige specielle Anordnungen meines Photographophons soll demnächst ausführlicher berichtet werden.

Berlin, Privatlaboratorium, 28. April 1901.

(Eingegangen 30. April 1901.)