



## **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

267. Induktionsapparate. Funkeninduktoren

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

Schnelligkeit zu seiner vollen Stärke anwächst und ebensoschnell wieder auf Null zurück sinkt. Da die Induktionsströme ebenfalls von kurzer Dauer sind und innerhalb dieser kurzen Zeit rasch anwachsen und rasch wieder abfallen, so bringen sie ungeachtet der geringen durch sie in Bewegung gesetzten Elektrizitätsmengen eine sehr starke Erregung der Nerven des tierischen Körpers oder eine beträchtliche „physiologische Wirkung“ hervor, welche noch höher gesteigert wird, wenn die Öffnungs- und Schließungsströme durch das rastlose Spiel des Unterbrechers in rascher Aufeinanderfolge durch den Körper gesendet werden. Dabei bringt der höher gespannte und schneller verlaufende Öffnungsstrom eine weit stärkere Wirkung hervor als der Schließungsstrom. Um die Induktionsströme durch den menschlichen Körper zu leiten, verbindet man gewöhnlich messingene zylindrische Handhaben durch metallische Schnüre mit den Enden der Nebenrolle und nimmt sie in die etwas befeuchteten Hände; bei schwachen Strömen empfindet man ein stechendes Prickeln, bei stärkeren Strömen treten krampfartige Muskelzusammenziehungen ein. Ihrer Einwirkung auf die Nerven wegen werden die Induktionsströme zu diagnostischen und Heilzwecken verwendet; man pflegt sie in der Medizin nach Faraday, dem Entdecker der Induktion, als „Faradische Ströme“ und die Behandlung des menschlichen Körpers durch dieselben als „Faradisierung“ zu bezeichnen.

Auch konstante Ströme rufen, wenn ihre Stärke einige Milliampère übersteigt, Empfindungen im Körper und vor allem starken Hautreiz an den Berührungsstellen der Elektroden hervor; es treten starke, länger anhaltende Rötungen der Haut, bei größeren Stromstärken Verbrennungserscheinungen auf. Auch die konstanten Ströme werden zu Heilzwecken verwandt. Man bezeichnet die Behandlung mit ihnen, im Gegensatz zur Faradisierung, als „Galvanisierung“. — Da der Widerstand des menschlichen Körpers, besonders der Haut, im allgemeinen groß ist, so sind die bei Berührung der Pole einer Batterie von mittlerer Spannung entstehenden Ströme in der Regel nur schwach und ungefährlich. Stärkere Spannungen bedingen Schädigungen bis zur ausgesprochenen Lebensgefahr. Eine untere Grenze der tödlich wirkenden Spannung lässt sich nicht angeben, weil die Stärke der Wirkung von verschiedenen Umständen, vor allem dem sehr verschiedenen Widerstande des Körpers abhängt.

**267. Induktionsapparate. Funkeninduktoren.** Um Induktionsströme von hoher Spannung (elektromotorischer Kraft) zu erzielen, macht man die Haupt- oder primäre Rolle aus einem dicken Draht von wenigen Windungen, damit ihr Widerstand gering und folglich die Stärke des Hauptstromes möglichst groß sei; der Neben- oder sekundären Rolle dagegen gibt man sehr viele Windungen eines dünnen Drahtes, weil die elektromotorische Kraft mit der Windungszahl zunimmt. Ein für ärztliche Zwecke vorzüglich geeigneter Induktionsapparat ist der Schlittenapparat von Du Bois-Reymond (Fig. 235). Die Nebenspule  $N$ , deren Drahtenden in den Klem-

schrauben *a* und *b* (zur Aufnahme der Drähte mit den Handhaben) münden, ist auf dem Brettchen *S* befestigt, welches wie ein Schlitten in den Nuten des Gestells gleitet; sie kann daher nach Belieben ganz oder nur teilweise über die Hauptspule *H*, welche an dem vertikalen Brettchen *B* wagrecht befestigt ist, geschoben werden, wodurch die Stärke der Induktionsströme nach Bedürfnis abgeändert wird.

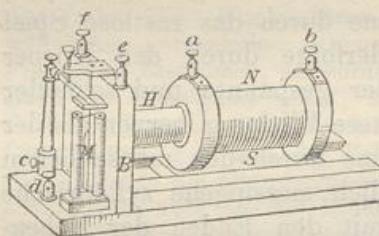


Fig. 235.  
Schlittenapparat.

bei jeder Unterbrechung des Hauptstromes durch die zwischen *e* und *f* eingeschaltete Nebenschließung entlädt.

Die induzierende Wirkung der Hauptrolle wird, wie bereits oben auseinandergesetzt wurde, bedeutend verstärkt, wenn man in ihre Höhlung einen Stab von weichem Eisen einschiebt. Dieser nützliche Einfluß des Eisenkerns wird aber durch eine andere von ihm ausgehende schädliche Wirkung zum Teil wieder aufgehoben. Wie in jeder zusammenhängenden Metallmasse, welche man etwa in die Hauptrolle einschieben würde, werden auch in dem Eisenstab beim Entstehen und Verschwinden des Hauptstromes Ströme induziert, welche, von Molekül zu Molekül übergehend, den Umfang des Stabes umfließen, das Anwachsen und Abfallen sowohl des Hauptstromes selbst als auch des Magnetismus verzögern und sonach die Dauer der in der Nebenrolle entstehenden Induktionsströme verlängern, wodurch zwar nicht die Menge der in Bewegung gesetzten Elektrizität, wohl aber ihre Spannung vermindert wird. Das Zustandekommen jener schädlichen (Foucaultschen) Ströme (vgl. 275) kann man dadurch vermeiden, daß man statt eines dicken Eisenstabes ein Bündel dünner Eisendrähte, welche durch einen Firnisüberzug voneinander isoliert sind, in die Hauptspule bringt; jene verzögernd wirkenden Ströme rings um den Eisenkern kommen nun nicht zustande, die Induktionsströme in der Nebenrolle nehmen alsdann den gewünschten raschen Verlauf und wirken viel stärker auf die Nerven als bei Anwendung eines massiven Eisenkerns.

Werden die Enden der Induktionsrolle nicht miteinander leitend verbunden, so stauen sich hier die im Nebendraht beim Entstehen und Vergehen des Hauptstromes in Bewegung gesetzten Elektrizitäten, und erzeugen elektrische Spannungserscheinungen, und zwar erscheint jedes Ende, elektroskopisch geprüft, in rascher Aufeinanderfolge abwechselnd positiv und negativ elektrisch, je nachdem es sich augen-

Die Unterbrechung des Hauptstromes, dessen Poldrähte in die Klemmen *c* und *d* eingeschraubt werden, besorgt der magnetische Hammer *M* (249); die Enden des Hauptdrahtes stehen ferner mit den Klemmschrauben *e* und *f* in Verbindung, in welche die Drähte mit den Handhaben eingeschraubt werden, wenn man den in dem Hauptdraht selbst induzierten Extrastrom benutzen will, der sich

blicklich mit der vom Öffnungsstrom oder vom Schließungsstrom herangeführten Elektrizität geladen hat. Bei hinreichend großer Spannung springen sogar von jedem Ende der offenen Nebenrolle auf einen genäherten Leiter Funken über; die so entladene Elektrizität ist aber immer nur diejenige, welche dem Öffnungsstrom entspricht, denn nur dieser erreicht eine hinreichende Spannung, um eine Luftstrecke in Form eines Funkens durchbrechen zu können. Bei Einschaltung einer Luftstrecke erscheint demnach das eine Ende der Induktionsspule stets positiv, das andere stets negativ, und man bezeichnet sie daher als entgegengesetzt elektrische Pole oder „Elektroden“. Induktionsapparate, welche so starke Spannungserscheinungen zeigen, nennt man Funkeninduktoren; sie wurden zuerst von Ruhmkorff in Paris gebaut. Die heutige Form solcher Apparate zeigt Fig. 236. Um die gewünschte hohe Spannung zu erzielen, macht man die Induktionsrolle aus sehr vielen Windungen eines

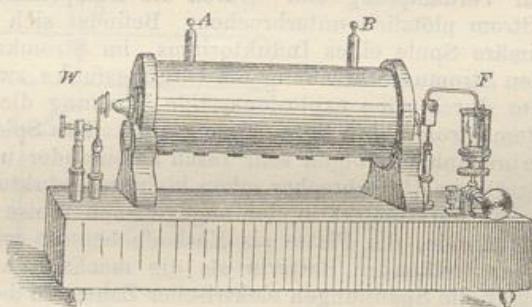


Fig. 236.  
Funkeninduktor.

feinen Drahtes, und sorgt außerdem dafür, daß der Öffnungsextrastrom, welcher durch Funkenbildung an der Unterbrechungsstelle das Verschwinden des Hauptstromes verzögern würde, möglichst besiegelt wird; dies geschieht dadurch, daß man zwei zu beiden Seiten der Unterbrechungsstelle gelegene Punkte des Hauptdrahtes mit den beiden Belegungen eines Kondensators verbindet, der, in dem Fußbrette des Apparats enthalten, die beiden Elektrizitäten des Extrastromes während der Unterbrechung in sich aufnimmt. Schiebt man durch die Polklemmen A B der sekundären Rolle starke Drähte mit isolierten Handgriffen und nähert ihre Enden einander, so geht zwischen ihnen ein prasselnder Funkenstrom über, ähnlich demjenigen der Influenzmaschine. Verbindet man die Pole mit den beiden Belegen einer Leidener Flasche, so erhält man, wie bei der Influenzmaschine, eine Reihe knallender Funken, die aber um so kürzer werden, je größer die Kapazität der Leidener Flasche ist. Der Funkeninduktor setzt uns also in den Stand, mittels einer galvanischen Batterie, deren Spannung gering ist, alle Erscheinungen der Reibungselektrizität, welche ja auf hohen Spannungen beruhen, hervorzubringen.

Zum Betriebe eines Funkeninduktors bedarf man eines selbsttätigen Unterbrechers. Als solchen verwendet man bei kleineren Induktoren den Wagnerschen Hammer (s. Fig. 236 bei *W*). Bei größeren Induktoren, die zum Betriebe einer höheren Stromstärke bedürfen, genügt aber die Berührung zwischen Platin spitze und Platinplättchen nicht; hier verwendet man zweckmäßiger einen starken, in einen Napf voll Quecksilber eintauchenden Platinstift. Zur Unterbrechung des Stromes wird der Stift entweder durch die Wirkung eines Elektromagneten (wie beim Wagnerschen Hammer) aus dem Quecksilber herausgerissen und dann durch eine Feder wieder zurückgeführt (Foucaultscher Quecksilber-Unterbrecher) (s. Fig. 236 bei *F*), oder er wird durch einen kleinen Elektromotor in eine rasche, hin- und hergehende Bewegung versetzt (Motor-Unterbrecher). Man schwächt dabei den Öffnungsfunk und schützt das Quecksilber vor Verdampfung, indem man die Quecksilberoberfläche mit einer Schicht Wasser oder Alkohol bedeckt. Einfacher als diese mechanischen Unterbrecher ist der in jüngster Zeit von Wehnelt konstruierte elektrolytische Unterbrecher. Wenn man einen Strom durch eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Zersetzungszelle schickt und die eine Elektrode sehr klein wählt, indem man z. B. einer großen Bleiplatte eine kurze in ein isolierendes Rohr eingesetzte Platin spitze gegenüberstellt, so tritt an dieser Spitze infolge der hohen Stromdichtigkeit eine Erhitzung des Elektrolyten bis zur Verdampfung ein. Durch die Dampfhülle, die die Spitze umgibt, wird der Strom plötzlich unterbrochen. Befindet sich nun eine Drahtspule, z. B. die primäre Spule eines Induktionsums, im Stromkreise, so entsteht bei dieser plötzlichen Stromunterbrechung ein Öffnungsfunk zwischen Elektrolyt und Platin spitze, der durch seine explosionsartige Wirkung die Dampfhülle zerstört und zu erneutem Stromschluß Veranlassung gibt. Das Spiel wiederholt sich dann. Diese Unterbrechungen folgen sehr rasch aufeinander und sind sehr vollständig, so daß mit diesem Unterbrecher schon kleinere Induktoren sehr kräftige Wirkungen geben. Er funktioniert in der angegebenen Weise aber nur richtig, wenn die Spitze als Anode, die Platte als Kathode benutzt wird. Er verlangt höhere Spannung der treibenden Batterie als die mechanischen Unterbrecher; man kann unmittelbar die Spannungen elektrischer Zentralen benutzen (110 Volt und mehr). Da seine Wirkung auf der Betätigung des Öffnungsfunkens beruht, so muß er ohne Kondensator benutzt werden.

**268. Magnetelektrische Maschine.** Die Induktionserscheinungen gewähren die Möglichkeit, ohne Zuhilfenahme von galvanischen Elementen oder anderen Stromquellen, ausschließlich durch Bewegung von Spulen in einem Magnetfelde elektrische Ströme zu erzeugen. Wir betrachten zunächst die Induktionswirkung in einem einfachen geschlossenen Leiter, etwa dem Drahtviereck *abcd* (Fig. 237), wenn dasselbe durch ein Magnetfeld senkrecht zu den Kraftlinien in der Richtung *BA* hindurchbewegt wird. Nach der Rechten-Hand-Regel (260) werden dabei in den Seiten *ab* und *cd* elektromotorische Kräfte induziert, die gleich groß sind und sich daher gegenseitig aufheben, wenn *ab* und *cd* in gleicher Zeit gleich viele Kraftlinien schneiden. Schneidet aber *ab* mehr Kraftlinien als *cd*, treten also durch *ab* mehr Kraftlinien in die Fläche des Vierecks ein, als durch *cd* aus ihm austreten, so überwiegt die elektromotorische Kraft in *ab* und es entsteht ein Strom in der Richtung *adcb*. Treten aber umgekehrt durch *cd* mehr Kraftlinien aus, als durch *ab* eintreten, so überwiegt die elektromotorische Kraft in *cd* und es entsteht ein Strom in der entgegengesetzten Richtung *abdc*. Allgemein kann man sagen: In einer Spule entsteht ein Induktionsstrom, sobald sich die Zahl der magnetischen Kraftlinien, die die Spule durchsetzen,