

**7. Über den Scheibenabstand der Influenz-
maschinen (schädliche Ladungen, Ozongebälge);
von Heinrich Wommelsdorf.**

§ 1. Versuche zur Ermittlung des günstigsten Scheibenabstandes.

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit¹⁾ habe ich die Abhängigkeit der nutzbaren Stromstärke J_n der aufgewendeten und nutzbaren Leistung E_e und E_n , sowie des Wirkungsgrades η_e der Influenz- bez. Kondensatormaschinen²⁾ von dem Entladungspotential V festgestellt und dabei auf den Einfluß hingewiesen, den die harmonischen Abmessungen verschiedener Teile auf diese Werte ausüben.

Noch ein Umstand ist für die Größe derselben Werte, ja sogar überhaupt für das Zustandekommen von Influenzelektrizität in den Konduktoren von großer, geradezu prinzipieller Bedeutung und verdient daher um so mehr an besonderer Stelle hervorgehoben zu werden, als er nicht nur für die Kondensatormaschinen dieses Systems, sondern allgemein — wie weitere Versuche zeigten — für die Influenzmaschinen aller Systeme in Betracht kommt; das ist die Größe des Scheibenabstandes, worüber ich durch zufällige Konstruktionsänderungen an einer Kondensatormaschine mit Doppeldrehung, die eine Vergrößerung des anfänglich bestehenden Scheibenabstandes zur Folge hatten, aufgeklärt wurde.

Daß bei gewissen zurzeit seltener vorkommenden Typen von Influenzmaschinen, wo beispielsweise ein festes, aus einem Halbleiter bestehendes Erregerfeld gegen die rotierende Scheibe hin gänzlich oder zum Teil ohne zwischengefügte isolierende Scheibe angebracht ist, der Abstand nicht zu klein gewählt werden darf, um nämlich eine zu starke, direkte Entladung dieser Felder nach den Scheiben hin zu verhindern, dürfte wohl ganz selbstverständlich sein.

Daß diese Bedingung aber auch für jene Systeme von Influenzmaschinen erfüllt sein muß, wo von einer derartigen

1) H. Wommelsdorf, Phys. Zeitschr. 5. Heft 23. 1904.

2) H. Wommelsdorf, Ann. d. Phys. 9. p. 651. 1902.

Entladung gar nicht die Rede sein kann, daß es vielmehr für eine jede Influenzmaschine einen ganz bestimmten Scheibenabstand gibt, bei dem dieselbe das Maximum der Gesamtwirkung liefert, war bisher unbekannt und klingt vielleicht auf den ersten Augenblick geradezu paradox, und zwar um so mehr, da von anderer Seite, im besonderen im Jahre 1874 von F. Rosetti, durch eingehende Messungen direkt das Gegenteil der vorliegenden Ermittlungen festgestellt und in der Schlußfolgerung dahin zusammengefaßt wurde, daß „die Stromstärke und nützliche Arbeit der Influenzmaschinen kleiner werden, wenn der Scheibenabstand zunimmt“. ¹⁾

Tatsächlich ist dieser allgemein ausgesprochene und zurzeit allgemein als feststehend angenommene Satz Rosettis unrichtig. Dabei ist der Einfluß des richtig bemessenen, nicht zu klein gewählten Scheibenabstandes bei den Influenzmaschinen — wie sogleich gezeigt werden wird — von derartiger Bedeutung, daß derselbe wohl nur aus dem Grunde, daß bei den bisher bekannten Influenzmaschinen wegen der viel schlechteren Zentrierbarkeit der Scheiben die kleineren Abstände aus praktischen Gründen wohl seltener in Frage kamen, bisher unerkannt bleiben konnte.

Nach der ersten zufälligen Beobachtung ergaben alsbald angestellte planmäßige, wenn auch nur orientierende Versuche zunächst an Influenz- und Kondensatormaschinen mit Doppelrehnung, daß eine Maschine, die am günstigsten bei $d = 4\frac{1}{2}$ mm Scheibenabständen arbeitet, bei $d = 2$ bis 3 mm sich zwar sehr rasch erregt und anscheinend ihre Ladung tagelang nicht zu verlieren scheint, auch eine sehr große und lebhaftere Elektrizitätsentwicklung im Innern zeigt, dagegen nach außen hin zwischen den Elektroden nur eine sehr geringe nutzbare Stromstärke J_n und im besonderen ein geringes Entladepotential V liefert, und zwar nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ derjenigen Werte von J_n und V , die sie bei dem günstigsten Scheibenabstände zu liefern imstande ist.

Bei dem günstigsten Scheibenabstände von $d = 4\frac{1}{2}$ mm nahm für dieselbe Maschine die Schnelligkeit der Selbst-

1) F. Rosetti, Pogg. Ann. 154. p. 507. 1875; vgl. auch G. Wiedemann, Elektrizität 1. § 1146. p. 971. IV. Aufl. 1893.

erregung und die Größe der Elektrizitätsentwicklung im Innern der Maschine etwas ab; dagegen erreichten die nutzbaren Werte des äußeren Stromkreises von J_n , E_n , V und η_e ihr Maximum.

Endlich bei noch größeren Abständen von $d \geq 4\frac{1}{2}$ mm an nahm die Schnelligkeit der Selbsterregung und die Elektrizitätsentwicklung, und zwar sowohl im Innern der Maschine wie im äußeren Entladungskreise gleichzeitig und allmählich ab.

§ 2. Theoretische Begründung („Schädliche Ladungen“ auf den Rückseiten der Scheiben).

Das gegenteilige Ergebnis dieser Versuche von dem nach Rosetti und auch nach der Theorie der Kondensatoren zu erwartenden läßt sich jedoch auch theoretisch durch die folgende Betrachtung nachweisen:

Wird eine Seite einer gewöhnlichen isolierenden Scheibe stark elektrisiert, so stößt sie die gleichnamige Elektrizität auf ihrer Rückseite ab und sucht dieselbe in die Luft zu zerstreuen, was auch um so mehr eintritt, je mehr die Möglichkeit dazu, wie z. B. durch in der Nähe befindliche unelektrische oder gar entgegengesetzt elektrische Körper gegeben ist.

Ein solcher Fall liegt nun bei den Influenzmaschinen vor, und zwar beispielsweise bei denjenigen, deren Konduktoren und Polarisatoren nach den Angaben von W. Musaeus¹⁾ geschaltet sind, in den zwischen den Polarisatoren gelegenen Scheibenbezirken²⁾, wo je eine stark positiv und negativ geladene Fläche einander gegenüberliegen. Dort wird die positive Elektrizität der zunächst in neutralem Zustande befindlichen Rückseite der positiv geladenen Vorderseite der einen Scheibe durch ihre eigene positive Ladung abgestoßen und durch den Luftraum auf die Rückseite der in entgegengesetzter Richtung kreisenden Scheibe getrieben, bez. wird dieselbe positive Elektrizitätsmenge von der stark negativ geladenen Arbeitsfläche der in entgegengesetzter Richtung rotierenden Scheibe auf ihre eigene Rückseite angezogen.

1) W. Musaeus, Pogg. Ann. 143. p. 235. 1871; W. Holtz, Pogg. Ann. 136. p. 171. 1869.

2) H. Wommelsdorf, Ann. d. Phys. 15. p. 842. 1904; vgl. Fig. 1: „die zwei innerhalb des Polarisatorwinkels ω gelegenen Scheibenbezirke“.

Die Folge ist, daß beide Rückseiten der zwei in entgegengesetzter Richtung kreisenden Scheiben aus dem neutralen Zustande in einen solchen gebracht werden, der dem der Arbeitsflächen entgegengesetzt elektrisch ist. Das Resultat ist daher, daß diese Ladungen auf den Rückseiten, sobald die Vorderseiten unter den Einfluß der Elektrodenkämme oder -Bürsten gelangen und dort entladen werden sollen, einen Teil der frei gewordenen, nutzbaren Ladung binden und für den Nutzstromkreis verlustig machen.

„Da nun diese *‚schädlichen Ladungen‘*, wie ich sie weiterhin kurz bezeichnen will, um so kleiner werden, je größer der (von ihnen zu überwindende) Abstand der Scheiben wird, andererseits die Gesamteinfluenzwirkung nach der Theorie der Kondensatoren mit dem Wachsen des Abstandes abnimmt, so muß es für jede Maschine einen ganz bestimmten Scheibenabstand geben, bei dem dieselbe die größte Nutzstromleistung, sowie das größte Potential liefert.“

Damit scheint mir die Begründung des Gegenteils des von F. Rosetti allgemein aufgestellten Satzes hinreichend erbracht zu sein; seine Versuchsreihe (Wiedemann) läßt gerade zwischen $d = 2$ bis 4 mm, wo möglicherweise das Maximum liegen konnte, keine Versuchswerte erkennen; immerhin mag seine Schlußfolgerung vielleicht aus gewissen Gründen für seine benutzte Maschine und gewisse andere Systeme gültig sein. Allgemein gilt sie jedenfalls nicht, und läßt sich vielmehr im Gegenteil das Ergebnis dieser praktischen und theoretischen Ermittlungen wie folgt zusammenfassen:

„Bei den zurzeit im Handel gebräuchlichen Influenzmaschinen oder — genauer ausgedrückt — bei allen denjenigen Influenzmaschinen, wo die oben gekennzeichneten *‚schädlichen Ladungen‘* auf den Rückseiten von je zwei entgegengesetzt geladenen Scheibenoberflächen entstehen können, gibt es für jede Maschinengröße einen ganz bestimmten Scheibenabstand, bei dem im äußeren Stromkreise die größte nutzbare Stromleistung bez. das größte Entladungspotential geliefert wird. Nicht nur bei einer Vergrößerung, sondern auch ganz besonders bei einer Verkleinerung dieses Abstandes nimmt die Stromstärke und Spannung der Maschine im Nutzstromkreise ab.“

Die oben bezeichneten *schädlichen Ladungen* sind im ver-

dunkelten Zimmer auf den Rückseiten der Scheiben in den betreffenden Scheibenbezirken leicht nachzuweisen. Man erkennt ihr Entstehen bereits ohne weiteres an den unzähligen kleinen Fünkchen, die dort zwischen den Scheiben übergehen, und die bereits als solche seit der Erfindung der Influenzmaschinen — wenn auch ohne die Kenntnis dieses Zusammenhanges — allgemein beobachtet worden sind.

Ein in der Praxis unbewußt angewandtes Mittel, das Zustandekommen der *schädlichen Ladungen* möglichst einzuschränken, besteht darin, daß man die Rückseiten der Scheiben, so gut es geht, ohne Unebenheiten herstellt und auf Hochglanz poliert, ferner sie während des Gebrauches öfter von anhaftenden Staubteilchen reinigt. Ein anderes, noch wirksameres Mittel wäre das, die Influenzmaschinen luftdicht abzuschließen und unter hohem Druck arbeiten zu lassen.

Dieses allerdings wohl für die praktische Anwendung vorläufig belanglose Verfahren wurde bereits im Jahre 1885 von W. Hempel¹⁾ — wenn auch nicht zur Erreichung dieses Zieles — ausgeführt. Die vorzüglichen Resultate, die eine unter zwei oder einer Atmosphäre Überdruck arbeitende Maschine gegenüber derselben in Luft von gewöhnlichem Druck ergab — die erzeugten Elektrizitätsmengen verhielten sich nach der ersten von W. Hempel angegebenen Versuchsreihe bei gleichen Tourenzahlen wie $18:14:5\frac{1}{2}$ —, lassen erkennen, daß unbedingt noch andere, und zwar weit bedeutungsvollere Ursachen wie eine Änderung in den Ausstrahlungsverlusten, der Dielektrizitätskonstante etc. im Spiele sein mußten.

Da nun Hr. Hempel in seiner Abhandlung eine Erörterung bez. Erklärung der Ursachen dieser sonderbaren enormen Elektrizitätsvermehrung (bei 6 Atm. gar auf das Fünffache) schuldig geblieben ist, so freut es mich, nunmehr nachträglich für diese interessante Erscheinung eine Erklärung geben und aus ihr für meine Zwecke die Nutzenanwendung ziehen zu können. Da bei der von Hrn. Hempel benutzten, verhältnismäßig sehr kleinen Funkenstrecke von nur 15 mm die Ausstrahlungsverluste noch nicht derartig in Betracht kommen konnten, und auch eine Veränderung der Dielektrizitätskonstante

1) W. Hempel, Wied. Ann. 25. p. 487. 1885.

der atmosphärischen Luft und anderes bei weitem nicht von derartiger Bedeutung sein konnte, daß diese Umstände zusammen eine Vermehrung der erzeugten Elektrizitätsmenge um mehr wie das Doppelte hätten herbeiführen können, so muß die Ursache dieser bedeutenden Elektrizitätsvermehrung fast ausschließlich in der wirksamen Einschränkung des Zustandekommens der gekennzeichneten „*schädlichen Ladungen*“ liegen.

Es sei mir daher gestattet, die Experimente des Hrn. Hempel für meine Zwecke als eine weitere Begründung für das Vorhandensein und die überraschend große Bedeutung jener „*schädlichen Ladungen*“ sowie der sich daraus ergebenden Notwendigkeit eines richtig zu ermittelnden Scheibenabstandes heranzuziehen.

§ 3. Verfahren zur Darstellung von Ozon und Stickstoffoxyden (Ozongebläse).

Im Anschluß an die vorangegangenen Erörterungen möchte ich noch die mit denselben in gewissem Zusammenhang stehende Mitteilung einer interessanten, für eine praktische Anwendung nicht unwesentlichen Beobachtung knüpfen:

Bei der absichtlichen Annahme ziemlich kleiner Scheibenabstände an einer Kondensatormaschine und einer zufällig für diesen Fall zweckmäßigen Wahl der sonstigen Verhältnisse, gelangte ich zu einer Maschine, bei der die Elektrizitätsentwicklung im Innern sowie die elektrischen Ausgleichs auf den Rückseiten der Arbeitsscheiben ganz enorm, die Wirkung nach außen hin dagegen nahezu gleich Null war. Bei derselben entstand durch die Entladungen in der Maschine selbst zwischen den Scheiben eine derartig große Menge von Ozon bez. von Untersalpetersäure, daß ich auf den Gedanken kam, diese chemischen Luftprozesse technisch auszunutzen.

Dieses kann nun in der Weise geschehen (D.R.P. a. vom 22. Januar 1904), daß man die zu behandelnden und in geeigneter Weise vorbereiteten Gase (Sauerstoffgas oder sauerstoffhaltige Gasgemische, getrocknete, filtrierte, kalte atmosphärische Luft etc.) durch eine Kondensatormaschine streichen läßt, die, bez. deren Scheiben, in ein zur Vermeidung von Nebel-luft möglichst eng anschließendes Gehäuse allseitig eingeschlossen

sind. Da nämlich die Scheiben bei der Kondensatormaschine im Gegensatz zu den Mehrfachinfluenzmaschinen durch den Wegfall der vielen für jede einzelne Scheibe besonders vorhandenen Saugkämme auf einen sehr kleinen Raum zusammengebracht sind, und demnach die eingeleiteten Gase die rotierenden Scheiben unter gänzlicher Vermeidung von Nebenluft-räumen von innen nach außen durchstreichen können, so ist dadurch die für die technische Anwendung verlangte Konzentration der ozonisierten Luft gesichert.

In seiner weiteren Durchbildung läßt sich das Verfahren dahin erweitern, daß man die gleichzeitig erzeugte elektrische Energie nicht erst in den Ozonapparaten, sondern durch geeignete Vermehrung der Polarisatoren sowie durch geeignete Wahl der sonstigen harmonischen Verhältnisse gleich im Innern der Maschine selber, bald nach ihrer Entstehung sich wieder entladen läßt, was wohl ohne weiteres zu empfehlen ist, da die Kondensatormaschine mit ihren Ausgleichen auf den Rückseiten von belegten dielektrischen Flächen — infolge der auftretenden „*schädlichen Ladungen*“, die in diesem Falle nicht als Verluste, sondern gerade als gewünschter Effekt aufzufassen sind, — nach den modernen Anschauungen einen Ozonapparat von größter Vollkommenheit darstellt. Da hierbei das erzeugende Mittel, die Elektrizität, nach außen hin überhaupt nicht mehr in die Erscheinung tritt, gleicht in diesem Falle die allseitig in eine Kapsel mit Zu- und Abfuhrrohr eingeschlossene Kondensatormaschine einem selbständigen, von jeglicher elektrischen Stromquelle unabhängigen „*Ozongebläse*“.

Dieses ersetzt alsdann den Generator, Transformator bez. Funkeninduktor, Ozonapparat und — falls die an und für sich bereits vorhandene saugende Wirkung der Maschine durch geeignete Vorrichtungen innerhalb der Scheiben selbst unterstützt wird — das Luftgebläse sowie sämtliche erforderlichen Zwischenorgane der zurzeit gebräuchlichen Ozoneinrichtungen.

(Eingegangen 17. Oktober 1904.)