Dabei ist zu bemerken, dass die Resultate 1 nicht ganz so zuverlässig sind wie die übrigen, weil der benutzte Ring sich als ein wenig porös erwies. — Mit diesen Werthen scheint der oben für $f = 3,096$ angegebene, $k = 2,24$, wohl verträglich.

Göttingen, physikal. Inst., November 1882.

***V. Beiträge zur Geschichte der neueren dynamo-electrischen Maschinen mit einigen Bemerkungen über die Ermittlung des Wirkungsgrades electromagnetischer Motoren;
von A. von Waltenhofen.***

Aus den Sitzungsber. der k. böhm. Ges. der Wiss. (1882) im Auszuge mitgetheilt vom Verfasser.)

Nach einer geschichtlichen Einleitung über die Entwicklung der Electrotechnik von den folgenreichen Entdeckungen Oersted's und Davy's bis zum Zustandekommen der ersten für den Grossbetrieb geeigneten Dynamomaschine von Gramme wird hervorgehoben, dass die Herstellung solcher Maschinen, welche nicht nur sehr starke, sondern auch continuirliche Ströme liefern, auf eine glückliche Vereinigung von zwei vorausgegangenen wichtigen und sinnreichen Erfindungen zurückzuführen ist, nämlich auf das von Pacinotti herrührende Princip der continuirlichen Induction mittelst eines ringförmigen rotirenden Ankers und auf das von Werner Siemens herrührende Princip der dynamo-electrischen Stromerzeugung. Nach einer näheren sachlichen und geschichtlichen Besprechung dieser beiden Erfindungen (wobei der Verfasser auch auf seinen im 5. Bde. der 3. Auflage von Karmarsch und Heeren's technischem Wörterbuche erschienenen Artikel: „Licht, electrisches“ Bezug nimmt) geht derselbe auf den eigentlichen Gegenstand seiner Mittheilung über, nämlich auf die Frage: wann und von wem die vereinigte Anwendung dieser beiden Principien — also die Erzeugung von continuirlichen dynamoelectrischen Strömen — zuerst bewerkstelligt worden ist, und sagt darüber Folgendes.

Dass Gramme der erste war, welcher eine dynamoelectrische Maschine mit continuirlicher Induction gebaut hat, wobei er — unabhängig von Pacinotti — einen dem Pacinotti'schen Ringe ganz ähnlichen Ringanker zur Anwendung brachte, bleibt eine unbestrittene Thatsache.

Wenn es sich aber um die Frage handelt, wer zuerst continuirliche dynamoelectrische Ströme erzeugt hat, wer also der erste war, der die Principien von Siemens und Pacinotti in vereinigter Anwendung experimentell zur Ausführung brachte, so wird man nach den Aufklärungen, welche ich hierüber zu geben in der Lage bin, Prof. Pfaundler in Innsbruck die Priorität zuerkennen müssen.

Im Jahre 1867 hatte der Innsbrucker Mechaniker J. Kravogl seinen seither auch in weiteren Kreisen bekannt gewordenen electromagnetischen Motor zur Pariser Ausstellung gesendet.¹⁾ Aus der neuerdings in Müller-Pfaundler's Lehrbuch der Physik erschienenen Beschreibung desselben ist ersichtlich, dass der Erfinder bei demselben das Princip der Spiralanziehung auf einen beweglichen Eisenkern, welches Page in bekannter Weise zur Hervorbringung einer hin- und hergehenden Bewegung benutzt hatte, zur Erzeugung einer continuirlichen Rotationsbewegung angewendet hat, welche jedoch in der Art stattfindet, dass nicht der Eisenkern bei feststehenden Spulen sich bewegt, sondern vielmehr die in kreisförmiger Anordnung einen hohlen Ring bildenden Spulen um eine horizontale Axe kreisen, während ein in der Höhlung dieses Spulenkranzes gleitender Eisenkern (von der Form eines entsprechend gebogenen cylindrischen Stabes) in einer bestimmten Gleichgewichtslage verbleibt.²⁾ Die Stromzuleitung findet nämlich in der Art

1) Nach meinen damals ausgeführten Untersuchungen übertrifft dieser Motor an Wirkungsgrad alle anderen bisher diesfalls untersuchten electromagnetischen Motoren.

2) Man erhält eine Vorstellung vom Kravogl'schen Ringe, wenn man sich aus dem Spulenkranze des Gramme'schen Ringes $\frac{2}{3}$ vom ringförmigen Eisenkern fortgenommen und das übrig bleibende Drittel in der Höhlung des Spulenkranzes nicht feststeckend, sondern vielmehr mit

statt, dass von den sämtlichen, den rotirenden Hohlring bildenden Spulen immer nur eine Gruppe von Spulen Strom bekommt, nämlich stets diejenigen Spulen, die gerade eine bestimmte Stellung seitwärts von der durch die Rotationsaxe gelegten Verticalebene passiren. Dadurch wird der in der Höhlung des Spulenkranzes gleitende Eisenkern aus seiner tiefsten Stellung, die er vermöge seines Gewichtes einzunehmen sucht, in die durchströmten Spulen hineingezogen und somit in einer gehobenen Stellung schwebend erhalten, wodurch eben die continuirliche Rotation des Spulenkranzes bedingt ist. Hierbei bleibt der Batteriestrom ununterbrochen gleichgerichtet und — sowie auch der Electromagnetismus des Eisenkerns — bei nicht allzulangsamem, gleichförmigem Gange des Motors nahezu constant.

Ueber diesen Motor berichtete mir Hr. Prof. Pfaundler (der eben damals mein Nachfolger an der Innsbrucker Universität geworden war) in einem Briefe vom 9. Nov. 1867, dass derselbe nicht mehr nach Innsbruck zurückkommen werde, und fügt dann folgende Worte bei: „Es ist mir aber leid, dass ich ihn“ (den Motor nämlich) „nicht mehr sehe; ich hätte noch gern den Versuch gemacht, mit demselben umgekehrt aus mechanischer Arbeit electriche Ströme, resp. auch electriche Licht zu erzeugen. Ich wollte nämlich mit eingeschalteter Batterie das Rad durch stärkere Kraft

möglichst geringer Reibung gleitend gemacht denkt. Würde man ferner die inducirenden Magnete beseitigen und mittelst der Schleifcontacte einen Batteriestrom dem Ringe zuführen, so würde es durch entsprechende Verstellung der Schleifcontacte möglich sein, eine Differenzwirkung der beiden durchströmten Ringsegmente auf den gleitenden Eisenkern zu Stande zu bringen, welche eine Rotation des Ringes zur Folge hätte. Denkt man sich endlich noch die Stromzuleitung in der Art modificirt, dass überhaupt nur ein Ringsegment Strom bekommt, und sonach die Gegenwirkung der übrigen Spulen entfällt, so wird der Ring mit viel grösserer Energie als vorhin rotiren müssen. Auf diese Art lässt sich auch ohne eine Zeichnung das Princip der Kravogl'schen Kraftmaschine aus dem Principe der allgemein bekannten Gramme'schen Inductionsmaschine ableiten. Hinsichtlich der Details (auf die es übrigens hier gar nicht ankommt) citiren wir ausser Müller-Pfaundler's Lehrbuch und den dort angeführten Quellen noch den im Innsbrucker Gymnasialprogramm vom Jahre 1870 enthaltenen Aufsatz von Fr. Kiechl.

in entgegengesetzter Richtung drehen, dann die Batterie mittelst Nebenleitung zuerst theilweise und dann ganz ausschalten. Diese Idee, von Siemens in Poggendorff's Annalen auch ausgesprochen, liesse sich sicher auch auf Kravogl's Motor anwenden.“

Ungefähr zwei Jahre später (in einem vom 20. December 1869 datirten Briefe) benachrichtigte mich Pfaundler von der Vollendung eines zweiten, grösseren Motors, welchen Kravogl gebaut hatte, und nachdem er sich gegen eine Idee ausgesprochen hat, welche Kravogl dabei ausführen wollte, setzt er hinzu: „Eher scheint mir versuchenswerth, nach dem Vorschlage von Siemens die Anwendung des Apparates in der Art umzukehren, dass man mittelst desselben mechanische Arbeit in strömende Electricität verwandelt, d. h. aus dem Apparate einen „Electromotor“ im eigentlichen Sinne, d. h. einen Stromerzeuger zu machen.“

Bald darauf hat Pfaundler das von ihm beabsichtigte Experiment mit dem Kravogl'schen Motor (an welchem der Erfinder inzwischen noch Verbesserungsversuche machte) auch wirklich ausgeführt und mir davon in einem Briefe vom 11. Februar 1870 mit folgenden Worten Nachricht gegeben: „Das Siemens'sche Princip lässt sich in der That in Anwendung bringen. Man erhält durch Treiben mit der Hand ohne Batterie einen Strom in der Stärke wie von einem Bunsen'schen Elemente.“

Es unterliegt sonach wohl keinem Zweifel, dass Pfaundler schon vor Gramme continuirliche dynamoelectrische Ströme erzeugt hat, und dass er die Möglichkeit, solche Ströme mittelst der Kravogl'schen Ringmaschine zu erzeugen, noch in demselben Jahre (1867) ausgesprochen hat, in welchem die Siemens'sche Erfindung der dynamoelectrischen Maschinen in die Oeffentlichkeit gelangt war.

In den vorstehenden Mittheilungen ist von meinen mit dem Kravogl'schen Motor im Jahre 1867 vorgenommenen Untersuchungen die Rede gewesen. In manchen seither erschienenen Publicationen, worin diese oder ähnliche Untersuchungen des Wirkungsgrades electromagnetischer Motoren

besprochen werden, sind jedoch über dasjenige, was mein Verfahren mit älteren Methoden gemein hat, und worin es sich von denselben unterscheidet, unklare oder unrichtige Aussprüche enthalten.

Nachdem nun in neuerer Zeit der Betrieb electromagnetischer Maschinen — jetzt in der Form von Dynamomaschinen — durch Batterieströme — nämlich electrischer Accumulatoren — eine praktische Bedeutung gewonnen hat, dürfte die Klarstellung der angedeuteten Fragen nicht ohne Interesse sein.

Während Jacobi (1840) die ersten Grundlagen einer Theorie der electromagnetischen Maschinen geliefert hat, sind Grove (1844) Joule und Scoresby (1847) und W. Petrie (1851) als die ersten zu nennen, von welchen bestimmte Angaben über den Wirkungsgrad von electromagnetischen Motoren gemacht worden sind.¹⁾ Dabei sind die genannten Physiker von dem Grundsatz ausgegangen: die zur Unterhaltung einer Pferdekraft theoretisch erforderliche Zinkconsumtion mit derjenigen zu vergleichen, welche sich aus den beim untersuchten Motor vorgenommenen experimentellen Bestimmungen der Arbeitsleistung und des Zinkverbrauches, per Pferdekraft ergeben würde. Von all diesen Angaben können nur die von W. Petrie als auf verlässlichen Daten beruhend angesehen werden, da unter den Angaben der anderen vorgenannten Physiker so enorm hohe Wirkungsgrade vorkommen, dass die Unrichtigkeit der dabei zu Grunde gelegten Daten, nach den Kenntnissen, die wir heutzutage über die Leistungsfähigkeit der besten electromagnetischen Motoren besitzen, keinem Zweifel unterliegen kann. Auch ist W. Petrie der einzige, in dessen Mittheilungen ganz klar und ausdrücklich gesagt ist, dass

1) Jacobi hat sich damit nicht befasst, er sagt ja selbst hierüber: „Bei meinen zahlreichen Versuchen über die electromagnetischen Maschinen bin ich weit davon entfernt gewesen, die Menge von Zink, die aufgelöst werden muss, um eine Arbeitseinheit zu erzeugen, genauer oder auch nur annähernd bestimmen zu können und auch ernstlich zu wollen.“ Hierauf folgt eine Darlegung der Gründe, welche ihn davon abgehalten haben. (Krönig's Journ. 3. p. 399. 1851).

er auf die Abhängigkeit der der Gewichtseinheit Zink entsprechenden theoretischen Arbeit von der Beschaffenheit der Kette, in welcher die Zinkconsumtion stattfindet, gehörige Rücksicht genommen hat, also der einzige, der das soeben ausgesprochene Princip für die Berechnung der Wirkungsgrade genau präcisirt hat.

Dieses Princip, nämlich das Arbeitsäquivalent der in der stromgebenden Batterie stattfindenden chemischen Prozesse als disponible Arbeit anzusehen, ist es allein, was ich, jedoch in einer ganz veränderten, der neueren Wissenschaft entsprechenden Formulirung, beibehalten habe. Hingegen war mein experimentelles Verfahren von den früheren Methoden ganz verschieden.

Fürs erste sind die in den Angaben der vorgenannten Physiker vorkommenden Arbeitsleistungen durch Hebung von Gewichten an der Maschine direct in Fusspfunden gemessen worden, während ich das Bremsdynamometer bei der Untersuchung electromagnetischer Motoren zuerst angewendet habe.

Zweitens wurde die Zinkconsumtion früher durchwegs direct durch Wägung der Zinkplatten vor und nach dem Versuche ermittelt, während ich anstatt dieses schwerfälligen und umständlichen Verfahrens die Strommessung mittelst der Tangentenbussole ausgeführt habe, um aus dem Producte des Arbeitsstromes mit der bekannten electromotorischen Kraft der Batterie die Stromarbeit in Meterkilogrammen pro Secunde zu berechnen und aus der Vergleichung der so ermittelten disponiblen Arbeit mit der mittelst des Bremsdynamometers gemessenen Arbeit den Wirkungsgrad der untersuchten electromagnetischen Maschine abzuleiten.

Die theoretische Begründung dieses Verfahrens, welche ich seinerzeit gegeben habe, folgt auch aus den Formeln, welche Clausius in einer Notiz über die Beziehung zwischen der chemischen Action in einer Volta'schen Säule und den durch den Strom hervorgebrachten Wirkungen mitgetheilt hat.¹⁾ Ist nämlich J der Batteriestrom bei eingeschaltetem,

1) Clausius, *Mechan. Wärmetheorie*, 2. p. 151.

aber stillstehendem Motor („Ruhestrom“) und $J - i$ der Batteriestrom während der Bewegung des Motors („Arbeitsstrom“), also i der durch die Bewegung des Motors inducirte Gegenstrom, und bedeutet λ den Gesamtwiderstand des Stromkreises, so besteht die Gleichung:

$$J\lambda(J - i) = i\lambda(J - i) + (J - i)^2\lambda.$$

In dieser Gleichung bedeutet der erste Ausdruck die von der Batterie zum Betriebe des Motors abgegebene Stromarbeit oder disponible Arbeit D , der zweite die in der Maschine geleistete mechanische Arbeit, aus Nutzarbeit N und Reibungsarbeit R bestehend, und der dritte die im Stromkreise als Wärme auftretende Stromarbeit W . Der Wirkungsgrad ist also $N:D$. Zur Ermittlung von D dient nun bei meinem Verfahren die Messung des Arbeitsstromes $J - i$ mittelst der Tangentenbussole, während $J\lambda$ die electromotorische Kraft im Stromkreise bei stillstehendem Motor, d. h. die bekannte electromotorische Kraft der Batterie ist.

Eine sehr einfache Ableitung der vorstehenden Formeln ergibt sich, wie ich gezeigt habe, aus der Betrachtung der Rotation eines Magnetpoles um einen Stromleiter.

VI. Ueber die Zähigkeit von Salzlösungen; von Julius Wagner.

(Hierzu Taf. III Fig. 1–13).

In neuerer Zeit hat die Frage nach der Constitution der Lösungen eine hervorragende Bedeutung gewonnen; man hat deshalb die Eigenschaften der Lösungen in ausgedehntem Maasse studirt. Ein besonderes Interesse gewährt von diesen die Zähigkeit, theils wegen des Parallelismus, welcher zwischen ihr und dem Leitungsvermögen für den electricen Strom zu bestehen scheint, dann aber auch wegen des starken Einflusses, den die Dissociation einer Lösung auf die Grösse der erwähnten Constanten ausübt.

Die bisherigen Untersuchungen über diesen Gegenstand