

Über

die elektrische Kraftübertragung

und die

Fortschritte in der Anwendung derselben.

Von

A. v. Obermayer.

Vortrag, gehalten den 11. Jänner 1888.

(Mit Demonstrationen.)

Mit fünf Abbildungen im Texte.

Wenn wir das Innere einer Fabrik, z. B. einer Maschinenfabrik betreten, so gewahren wir eine Reihe von Maschinen in Thätigkeit, welche die verschiedensten Umformungen der Metallstücke herbeiführen. Wir sehen an großen Drehbänken und Hobelbänken mitunter sehr gewichtige Metallstücke in Bewegung, von denen automatisch geführte Meißel gewaltige Späne herabschneiden; Bohrmaschinen, Lochmaschinen, Blechscheren sind in Thätigkeit und werden von den Arbeitern nur beaufsichtigt und geleitet, um die gewünschten Leistungen hervorzubringen.

Es ist die Frage sehr naheliegend: Was wird aufgewendet, um alle diese Umformungen zu vollbringen?

Versuchen wir zur Erläuterung dieser Frage einmal selbst, etwa mit einem Holzhobel, einen Span abzuschneiden. Wir setzen den Hobel auf, drücken ihn nieder und beginnen den Hobelstoß. Wir haben einen Widerstand längs der Strecke des Stoßes zu überwinden. Wir haben umsomehr zu leisten, je größer der zu überwindende Widerstand ist und durch eine je längere Strecke wir denselben überwinden oder, was

beim Hobeln auf dasselbe hinauskommt, je mehr Hobelstöße wir führen.

Es ist auch thatsächlich üblich, die Leistung durch das Product aus dem überwundenen Widerstande in den Weg, durch welchen derselbe überwunden werden musste, zu messen, und wir nennen diese Leistung die Arbeit.

Es wird jene Arbeit als Einheit gewählt, bei welcher ein Widerstand von einem Kilogramm durch einen Weg von einem Meter überwunden wird. Diese Arbeit heißt ein Kilogrammeter.

Um die Einheit der Arbeit zu leisten, haben wir bloß das Einkilogramm auf einen Meter zu erheben. Heben wir mehrere Kilo auf mehrere Meter Höhe, z. B. 10 Kilo auf 2 Meter, so haben wir eine Arbeit von $10 \times 2 = 20$ Kilogramm Metern geleistet.

Es ist ganz gleichgiltig, in welcher Zeit wir die Erhebung der 10 Kilo vollbringen, die Größe der Arbeit ist davon unabhängig.

Kehren wir nun wieder zu dem Beispiele vom Hobel zurück und versuchen wir einmal, ob das Abschneiden eines Spanes mit dem Hobel auch gelingt, wenn wir den Hobel sehr langsam bewegen. Wir finden sehr bald, dass dies kaum ausführbar ist, und können uns leicht überzeugen, dass die Gleichmäßigkeit der Späne, welche ein geschickter Tischler mit dem Hobel abschneidet, hauptsächlich darauf beruht, dass er den Hobel mit einer bestimmten, passenden Geschwindigkeit zu führen versteht.

Der Weg, durch welchen der Widerstand des Holzes im fraglichen Falle überwunden werden muss, ist daher in einer ganz bestimmten Zeit zurückzulegen, um eines Erfolges sicher zu sein.

Es genügt beim Abschneiden des Spanes nicht, überhaupt Arbeit zu leisten; es ist wesentlich diese Arbeit in der Zeit zusammenzudrängen, oder die nothwendige Arbeit in einer ganz bestimmten Zeit zu leisten.

Wollen wir angeben, wie die Arbeit in der Zeit geleistet wird, so ist als geeignetes Maß hiezu die Arbeit in der Secunde zu wählen und diese Größe wird Effect genannt.

Die Einheit des Effectes ist eine Arbeit von einem Kilogramm^{meter} in der Secunde oder ein Sekundenkilogramm^{meter}.

Eine Pferdekraft ist ein Effect von 75 Sekundenkilogramm^{metern}.

Man misst den Effect durch das Product aus dem überwundenen Widerstande in die Geschwindigkeit, mit welcher dieses geschah.

Ein Effect von einer Pferdekraft besteht daher darin, einen Widerstand von 75 *kg* z. B. mit einer Geschwindigkeit von 1 *m* in der Secunde zu überwinden.

Jede Arbeit, die wir im Begriffe stehen, zu vollbringen, geht in einer bestimmten Zeit vor sich. Wenn wir arbeiten, leisten wir daher immer Effect. Die Effecte in den einzelnen Zeittheilen summieren sich in der Zeit zur Arbeit.

Z. B. wir hätten 10 *kg* durch 2 *m* in 20 Secunden erhoben. Die schließlich geleistete Arbeit ist 20 Kilogramm-meter. Wir haben diese Arbeit vollbracht, indem wir 10 *kg* mit einer Geschwindigkeit von $2 : 20 = 0.1$ *m* in der Secunde erhoben haben. Der Effect war hier-nach $10 \times 0.1 = 1$ Secundenkilogramm-meter und die Effecte der 20 Secunden, jeder zu 1 Secundenkilogramm-meter, haben sich zur Arbeit von 20 Kilogramm-metern summiert.

Insoferne der Effect sich in der Zeit zu Arbeit summiert, sprechen wir von einer Arbeit in Pferdekraftstunden. Eine Pferdekraftstunde ist eine Arbeit von 3600×75 Kilogramm-metern, d. h. der Effect von 75 *kg* summiert in den 3600 Secunden einer Stunde.

So wie zum Abschneiden des Spanes mit dem Hobel, so kommt es bei allen Veränderungen an Maschinen der Werkstätte, deren ich eingangs erwähnte, sowie bei allen industriellen Leistungen auf den Effect an.

Kehren wir nun nochmals zu dem eingangs erwähnten Beispiele zurück. Die dort betrachteten Maschinen beziehen ihren Effect durch die Riemen, welche von den Riemenscheiben der Transmission zu den Riemenscheiben der einzelnen Arbeitsmaschinen führen. Durch die Wellen der Transmission wird der Effect von der Maschine zugeleitet, welche das Etablissement betreibt.

Der mechanische Effect fließt also von der Betriebsmaschine durch Zahnräder, Wellen, Riemen u. dgl.

in die Fabriksanlage hinaus und vertheilt sich dort in die verschiedensten Räumlichkeiten, gerade so wie eine Flüssigkeit durch ein Röhrensystem vertheilt wird.

Manche Maschinenbestandtheile bewegen sich sehr schnell; sie führen den Effect in Form großer Geschwindigkeit und kleiner Kraft; andere laufen sehr langsam, sie leiten den Effect in Form kleiner Geschwindigkeit und großen Druckes.

Bei gleichem zu übertragenden Effecte sehen wir daher die schnell laufenden Maschinenbestandtheile schwächer, die langsam laufenden stärker dimensioniert.

Die ganze Effectvertheilung in der Fabriksanlage erfolgt durchwegs auf mechanischem Wege, d. h. durch directe Berührung der Bestandtheile; nirgends darf der materielle Zusammenhang unterbrochen sein, soll der Effect fortgeleitet und in seine verschiedenen Formen verwandelt werden.

Wir können die in Rede stehende Form des Effectes „mechanischen Effect“ nennen. Der Effect hat aber auch noch andere Formen. Denken wir uns, die Betriebsmaschine sei eine Dampfmaschine. Dann haben wir unter dem Kessel der Maschine in der Secunde eine ganz bestimmte Kohlenmenge zu verbrennen, welche per Secunde eine ganz bestimmte Wärmemenge liefern muss, wenn die Dampfmaschine den Ansprüchen genügen soll.

Wir haben dem Dampfkessel einen calorischen Effect (Wärmemenge in der Secunde) zuzuführen.

Der Dampf führt den calorischen Effect mit sich in den Cylinder, und indem er dort auf den Kolben wirkt, erkaltet derselbe und der calorische Effect setzt sich in mechanischen Effect um.

Dieser mechanische Effect läuft in den Transmissionen fort. In jedem Lager geht durch die Reibung ein Theil des mechanischen Effectes verloren, er setzt sich in calorischen Effect um und dieser summiert sich zu Wärme, welche die Temperatur der Lager erhöht. Ebenso geht Effect durch das Gleiten der Riemen an den Riemscheiben, durch die Steifigkeit der Riemen und durch die Erschütterungen verloren. Es steigt ferner die Temperatur der Arbeitsstücke während der Durchführung der Umgestaltung, indem der zugeführte mechanische Effect sich in calorischen Effect umsetzt und diese in der Zeit sich zu Wärme summiert.

Von dem calorischen Effecte, welchen die Kohlen liefern, wird durch die Dampfmaschine ein verhältnismäßig geringer Theil in mechanischen Effect umgesetzt und von diesem geht auf seiner Wanderung durch die Transmission noch manches verloren. Schließlich verwandelt sich der gesammte mechanische Effect in Wärme.

In neuerer Zeit ist es gelungen, den Effect in eine andere Form, nämlich in jene des elektrischen Effectes zu bringen. Selbstverständlich messen wir den elektrischen Effect in Pferdekraften, so wie den mechanischen.

Wir wandeln den mechanischen und elektrischen

Effect mit Hilfe der Dynamomaschine in einander um.

Der elektrische Effect kann durch Drahtleitungen veranlasst werden, zu bestimmten Stellen des Raumes fortzufließen, und lässt sich auch auf die mannigfaltigste Weise vertheilen.

Man wäre geneigt, die Leitungsdrähte auch als die ausschließlichen Leiter des elektrischen Effectes anzusehen, so wie eine Transmissionswelle als Leiter des mechanischen Effectes. Dies trifft jedoch nicht zu. Es scheint vielmehr, dass das umgebende Mittel an der Fortleitung des elektrischen Effectes betheiligt sei und die Drähte nur den Strom führen, an welchen das Auftreten elektrischer Effecte jederzeit gebunden ist.

Die elektrischen Beleuchtungsanlagen liefern uns ein Beispiel für die Vertheilung des elektrischen Effectes. Centralstationen versorgen — allerdings in Berlin, in Mailand, in New-York u. dgl. — ganze Stadttheile mit elektrischem Effecte, welcher in den Glühlampen in calorischen Effect umgesetzt wird und dort den Kohlenfaden zum Leuchten bringt.

Wir könnten aber statt der Glühlampen auch Dynamomaschinen einschalten und statt der Beleuchtung mechanischen Effect zum Betriebe von allerlei Maschinen erhalten.

Man nennt eine solche Verwandlung mechanischen Effectes in elektrischen und die Rückverwandlung des elektrischen Effectes in mechanischen eine elektrische Kraftübertragung.

Es ist aber wohl zu bemerken, dass nicht die Kraft, sondern der Effect, d. i. das Product aus Kraft in Geschwindigkeit, übertragen wird. Ich möchte Ihre Aufmerksamkeit ganz besonders hierauf richten, dass das Wort Kraftübertragung den Vorgang nur unvollständig wiedergibt, gerade so wie das Wort Pferdekraft kein sehr glücklich gewähltes ist.

So wie die Leitung des mechanischen Effectes in den Transmissionen mit Verlusten verbunden ist, so auch die Leitung des elektrischen Effectes. Die Drähte, welche den Strom führen, erwärmen sich ununterbrochen, d. h. ein um so größerer Bruchtheil des fortzuleitenden Effectes wird in Wärme umgesetzt, einen je größeren Widerstand die Leitungen dem elektrischen Strome darbieten.

Wir wollen uns nun den Bedingungen zuwenden, unter welchen die Umwandlung mechanischer Effecte und elektrischer Effecte ineinander, in den Dynamomaschinen stattfinden kann.

Diese Umwandlung geht ohne materielle Berührung durch den Raum hindurch vor sich; aber der Raum muss hiezu in ein magnetisches Feld verwandelt, d. h. so verändert werden, dass er auf jeden des Magnetismus fähigen Körper wirkt.

Wir leben im magnetischen Felde der Erde. Jede Magnetnadel stellt sich ja in eine bestimmte Richtung ein. Es ist möglich, durch die später zu beschreibenden Vorgänge (Drehung geschlossener Leitung, Erdinductor) mechanischen Effect in elektrischen um-

zuwandeln, aber unter sehr wenig günstigen Bedingungen, da das magnetische Feld der Erde sehr schwach ist.

Von der Beschaffenheit des magnetischen Feldes können wir uns eine Vorstellung bilden, wenn wir in jedem Punkte die Größe und Richtung der Kraft angeben, welche auf die magnetische Menge Eins ausgeübt wird.

Der bekannte Versuch, einen Magneten mit Papier zu bedecken, Eisenfeile aufzustreuen und die Eisenfeile durch eine leichte Erschütterung zu veranlassen, sich nach Curven zu gruppieren, ist ein Beispiel, wie die Richtung der Kraft experimentell bestimmt werden kann. Fährt man einer solchen Curve entlang, so geht man stets nach der Richtung der Kraft. Eine kleine Magnetnadel stellt sich in die Richtung der Tangente dieser Curve.

Eine solche continuierliche Linie, zu welcher in jedem Punkte die Richtung der magnetischen Kraft die Berührungslinie ist, nennt man eine magnetische Kraftlinie.

Indem man sich das magnetische Feld mit Kraftlinien erfüllt denkt, gewinnt man eine Darstellung, wie in jedem Punkte des Raumes die Kraft gerichtet ist.

Man denkt sich die Kraftlinien so angeordnet, dass per Flächeneinheit, senkrecht zur Richtung der Kraftlinien, so viele Kraftlinien gezogen werden, als die Intensität der Kraft in dem betreffenden Punkte beträgt.

Die Kraftlinien verlaufen vom Nordpol zum Südpol, also dorthin, wo eine in die Kraftlinie gebrachte Magnetnadel mit dem Nordpol hinweist.

Jede dieser Kraftlinien kann wie ein elastischer Faden angesehen werden, welcher seine Individualität beibehält. Die einzelnen Kraftlinien stoßen sich gegenseitig ab.

In demjenigen Falle, welcher uns fortan beschäftigen soll, haben wir ein magnetisches Feld vor uns, welches ursprünglich möglichst homogen ist, d. h. in welchem die Kraftlinien fast alle parallel laufen.

Ein solches nahezu homogenes, sehr kräftiges Feld kann mit Hilfe des Elektromagneten erzeugt werden, welchen Sie hier aufgestellt sehen.

Die cylindrischen horizontalen Schenkel haben 8·5 *cm* Durchmesser und sind der Länge nach durchbohrt.

In die gegeneinander gewendeten Durchbohrungen sind jetzt 10 *cm* im Durchmesser haltende Scheiben aus weichem Eisen eingeschraubt.

Die cylindrischen Schenkel werden von schmiedeisernen, rechtwinkelig gebogenen Eisenstücken getragen, welche auf der horizontalen, auf dem Tische aufliegenden Schiene verschoben und in verschiedenen Stellungen festgeklemmt werden können.

Die beiden Magnetisierungsspulen sind mit 600 Windungen eines 2·8 *mm* im Durchmesser haltenden Drahtes bewickelt. Je zwei Drähte sind gleichzeitig aufgewunden. Zweimal 300 Windungen auf jeder Spule sind hier parallel geschaltet.

Durch sechs großplattige Grove'sche Elemente wird der Elektromagnet angeregt. Er ist dann noch weitaus nicht zum Maximum magnetisiert. Das Feld zwischen den oberen Polplatten ist aber immerhin schon sehr stark. Wenn ich schmiedeeiserne Nägel von oben in dasselbe fallen lasse, so bemerken Sie, dass keiner derselben auf den Tisch gelangt, sondern dass alle an den Polen hängen bleiben und sich der Länge nach in die Verbindungslinie der Pole, d. i. nahe in die Kraftlinien einstellen. Auch anderwärts an der Spule haften Nägel.

Wird der Strom unterbrochen, so fällt ein Theil der Nägel herab. Die zwischen den Polplatten befindlichen bleiben jedoch hängen. Der Magnetismus der Kerne sinkt nicht zu Null herab. Man bezeichnet diesen Rückstand als remanenten Magnetismus.

Wir sind mit unseren Sinnen nicht im Stande, wahrzunehmen, ob der Raum ein magnetisches Feld sei oder nicht. Man empfindet nicht das Geringste, wenn man den Kopf etwa zwischen die Pole eines noch so mächtig erregten Magneten bringt. Der Ausdruck „thierischer Magnetismus“ ist eine irrthümliche Bezeichnung für Hypnotismus.

In das magnetische Feld hänge ich jetzt einen rechteckigen Kupferring an zwei Fäden ein (Fig. 1).

Zwischen der Befestigung der Fäden und dem Kupferringe befindet sich eine Papierscheibe, welche die Bewegungen des Ringes, der durch die Pole verdeckt ist, weithin sichtbar machen soll.

Wenn ich diesem Ringe eine Drehung ertheile, so winden sich die Fäden zusammen und der Ring hebt sich etwas. Lasse ich den Ring aus, so schwingt derselbe um seine Gleichgewichtslage hin und her.

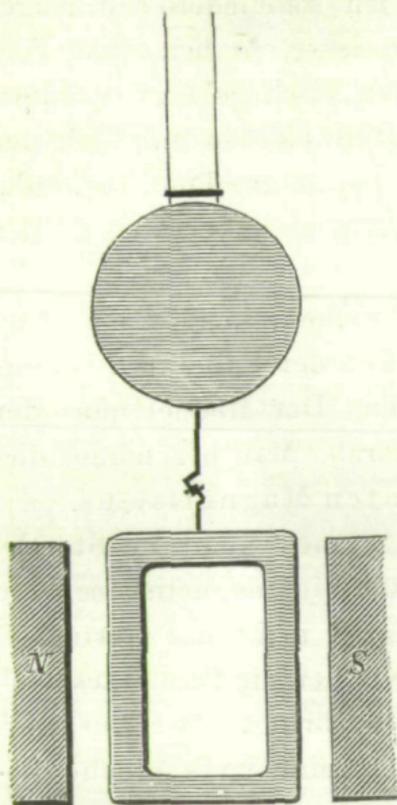


Fig. 1.

Durch das Verdrehen habe ich dem Ringe Energie, d. i. das Vermögen, Arbeit zu leisten, ertheilt.

Die allerdings kleinen Effecte, welche ich zur Drehung des Ringes aufwenden musste, haben sich zu dieser Energie, „potentiellen Energie“, summiert. Indem der Ring schwingt, verwandelt sich, wie bei einem Pendel, periodisch, unter Leistung von Effect, potentielle Energie in Bewegungsenergie und diese wieder in potentielle Energie. Durch den Luftwider-

stand und die Steifheit der Aufhängefäden wird ein geringer Theil dieser Energie aufgezehrt. Sie sehen, dass der Ring lange Zeit fortschwingt. Wenn ich den Strom schließe und das mächtige magnetische Feld des Magneten errege, so hören die

Schwingungen des Ringes fast augenblicklich auf; er stellt sich in seine Gleichgewichtslage ein.

Die Energie, welche ich dem Ringe mitgetheilt hatte, ist aufgezehrt worden. Der Ring bewegt sich im magnetischen Felde so, als ob ein Bewegungswiderstand auf ihn wirken würde.

Könnte ich den Ring in Rotation versetzen, so müsste ich zur Unterhaltung dieser Rotation fortwährend Effect aufwenden, um den Widerstand zu überwinden, welcher sich der Bewegung desselben entgegensetzt.

Dieser aufgewendete Effect würde sich in Wärme umsetzen und die Temperatur des Ringes erhöhen.

Es sind derartige Versuche von Joule in Manchester, von Foucault in Paris und auch von Tyndall in London angestellt worden.

Insbesondere hat Tyndall einen hohlen Kupfercylinder, welcher mit einer leicht schmelzbaren Metalllegierung gefüllt war, zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten rotieren lassen und gezeigt, dass die Legierung nach wenigen Minuten geschmolzen war.

Was vermittelt in diesen Versuchen die Umwandlung und Summierung des mechanischen Effectes zu Wärme?

Darüber gibt uns folgender Versuch Aufschluss. Ich hänge jetzt an Stelle des früheren einen aufgeschnittenen rechteckigen Ring (Fig. 2) zwischen die Schenkel des Elektromagneten ein.

Sie sehen, dass die Schwingungen desselben weit-
aus langsamer abnehmen, wenn ich den Strom schlie-
ße, als früher beim geschlossenen Ringe. Das Durchschnei-

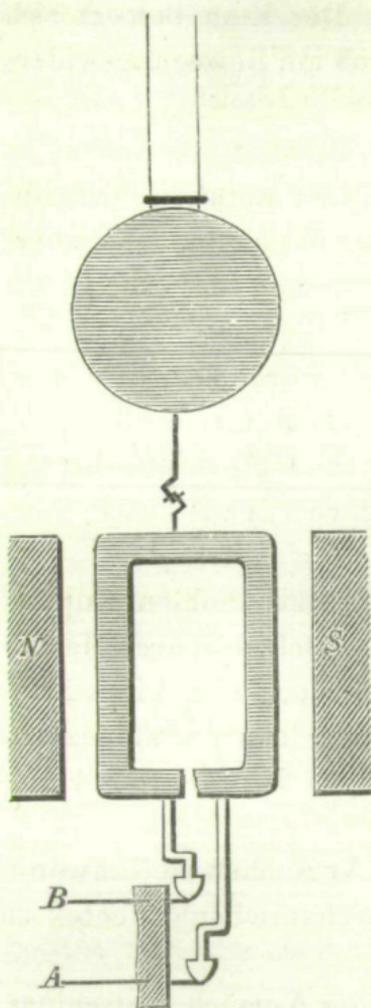


Fig. 2.

mit einer kräftiger wirkenden Vorrichtung diesen
Strom allgemein sichtbar nachweisen.

den vermindert die Fähig-
keit des Ringes zur Voll-
bringung der in Rede ste-
henden Umwandlung.

In die Enden des
durchschnittenen Ringes
sind zwei Kupferdrähte ein-
geschraubt, welche in zwei
übereinandergestellte Schäl-
chen mit Quecksilber ein-
tauchen.

Die beiden Drähte A und
B führen von den Schälchen
zu einem Galvanometer.

Wenn ich den Ring im
magnetischen Felde drehe,
so sehen Sie, dass der Gal-
vanometer einen Ausschlag
gibt, also einen elektrischen
Strom anzeigt.

Die Drehung des Rin-
ges hat also die Entstehung
eines elektrischen Stromes
zur Folge. Ich werde später

Der mechanische Effect setzt sich also hier während der Bewegung des Ringes zuerst in elektrischen Effect um und dieser summiert sich zu Wärme.

Ein elektrischer Strom wie der eben besprochene, durch Bewegung eines geschlossenen Leiters im magnetischen Felde erzeugt, heißt ein Inductionsstrom.

Wenn ich den Ring von oben gesehen im Sinne der Uhrzeigerbewegung drehe, so läuft der inducierte Strom so, dass er bei *B* ein- und bei *A* austritt.

Eine Drehung im entgegengesetzten Sinne hat auch die Entstehung eines Stromes im entgegengesetzten Sinne zur Folge.

Es ist vom Herrn Hofrathe Stefan eine Regel angegeben worden, welche gestattet, die Richtung des Inductionsstromes in dem vorliegenden, sowie auch in allen übrigen Fällen anzugeben. Diese Regel lautet:

Denkt man sich eine Figur in das Magnetfeld so gelegt, dass die Kraftlinien bei den Füßen ein-, bei dem Kopfe austreten, und blickt diese Figur nach der Richtung der Bewegung des Leiterstückes, so gibt die rechte Hand die Richtung des inducierten Stromes in dem Leiterstücke an.

Es ist leicht zu erkennen, dass im linken Zweige des Ringes (Fig. 2) ein Strom nach abwärts, im rechten Zweige ein Strom nach aufwärts entsteht, während die Zweige um die verticale Achse des Ringes gedreht werden. Die Figur liegt mit dem Kopfe gegen den

Südpol. Für den linken Zweig hat sie hinter die Ebene des Papiers, für den rechten Zweig vor die Ebene des Papiers zu blicken; ihre rechte Hand weist demgemäß beziehungsweise nach ab- oder aufwärts.

Ich werde jetzt einen Strom in den Bügel bei *B* hineinschicken, indem ich die Drahtenden *AB* mit den Polen eines der Elemente verbinde. Sie sehen, dass der Bügel augenblicklich in Bewegung kommt. Er dreht sich von oben gesehen in dem Sinne der Uhrzeigerbewegung.

Die Richtung dieser Bewegung kann nach der bekannten Ampère'schen Regel vorhergesagt werden:

Denkt man sich eine Figur mit dem Strome schwimmend, das Gesicht gegen den Nordpol gewendet, so weist die linke Hand der Figur die Richtung, nach welcher der Nordpol abgestoßen wird.

Weil aber der Nordpol fest ist, so stößt sich der Bügel an demselben ab, der linke Zweig geht daher hinter die Ebene des Papiers zurück, d. i. die oben erwähnte Richtung der Drehung.

Der Versuch mit dem Ringe ist umkehrbar, d. h.: Eine Drehung des Ringes unter Aufwand von mechanischem Effect gibt elektrischen Effect; ein elektrischer Effect bringt eine Drehung des Bügels hervor.

Noch anschaulicher wird diese Umkehrbarkeit durch Anwendung einer kleinen Siemens-Armatur, welche jetzt, um eine horizontale Achse drehbar, zwischen den Polen des Elektromagneten befestigt wird,

so dass dieselbe circa 1 cm von den Polflächen absteht.

Dieselbe besteht aus einem Eisenkerne von nebenstehender Gestalt (Fig. 3), welcher der Länge nach

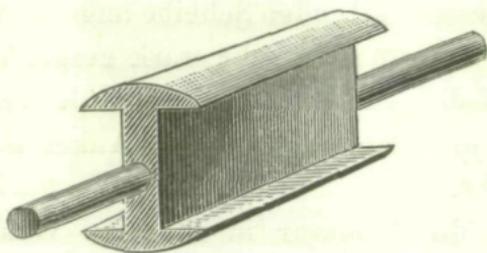


Fig. 3.

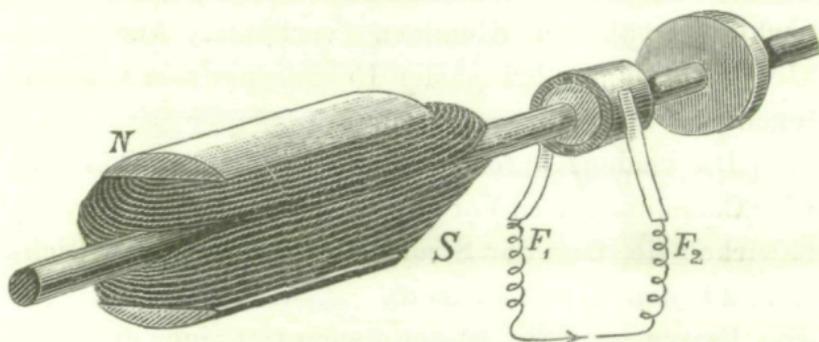


Fig. 4.

mit wohl isoliertem Kupferdrahte bewickelt ist (Fig. 4). Die Enden der Bewicklung sind mit zwei voneinander isolierten Kupferringhälften verbunden, welche auf eine Holzhülse aufgeschraubt und damit auf die Achse aufgeschoben sind. Auf den Kupferringhälften gleiten zwei am hölzernen Lagergestelle befestigte Kupfer-

federn F_1 und F_2 , an welche die Klemmen angeschraubt sind, durch die der Strom ein- oder austreten soll.

Auf diese Achse ist noch eine 5 cm im Durchmesser haltende Holzscheibe aufgekeilt, über welche die Schnur läuft, mit der der Anker von einer 37 cm im Durchmesser haltenden Scheibe angetrieben werden kann. Die Schnur muss sehr stark gespannt sein, damit sie auf der kleinen Rolle nicht gleitet, denn die Anziehung des Magneten auf den Anker ist eine sehr beträchtliche.

Sowie die Armatur in Rotation versetzt wird, entsteht ein Strom. Derselbe ist stark genug, um den dünnen Eisendraht zu schmelzen, den ich jetzt mit den vorhin erwähnten Klemmen verbinde. Auch eine kleine Glühlampe bringt der Inductionsstrom zum Erleuchten.

Die beiden Kupferringhälften bilden den Collector oder Commutator. In Verbindung mit den Federn F_1 , F_2 bewirken sie, dass der Strom stets in derselben Richtung aus den Klemmen trete.

Fassen wir (Fig. 5) den Zweig CD einer der Windungen des Ankers heraus, so fließt in demselben der Inductionsstrom in der Zeichnung, wie die Figur der Stefan'schen Regel anzeigt, von vorne nach rückwärts, wenn der Zweig sich am Nordpol vorüber nach aufwärts bewegt. Kommt jedoch CD in die Stellung EF , d. h. vor den Südpol und bewegt sich dort nach abwärts, so fließt der Inductionsstrom von rückwärts nach vorne. In demselben Zweige wechselt die Richtung

des Stromes während der Bewegung. Sind nun die Zweige CD und EF mit den Commutatorhälften verbunden, so geht stets aus jenem Zweige, welcher links

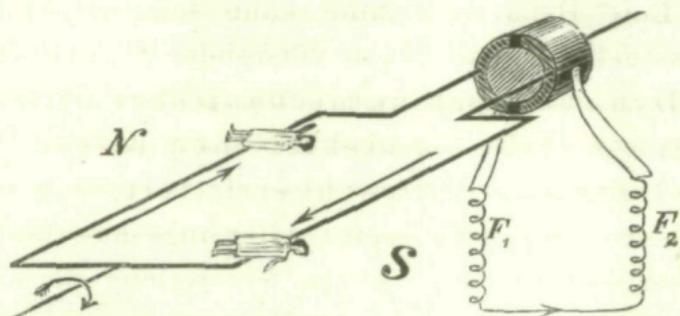


Fig. 5.

ist, der Strom bei F_1 heraus, da die Feder F_1 an der damit verbundenen Commutatorhälfte anliegt; der äußere Stromkreis wird daher stets im selben Sinne durchlaufen.

Ich schicke jetzt in die Federn F_1 , F_2 einen Strom, den ich vom Hauptstrome abzweige. Sie sehen die Umkehrung der Wirkung gerade so wie früher beim einfachen Ringe eintreten. Die Armatur beginnt lebhaft zu rotieren und setzt die Antriebscheibe mit in Bewegung.

Wenn ich die Magnetschenkel auseinanderschiebe, so wird das Magnetfeld etwas schwächer und Sie sehen den Anker sich noch lebhafter bewegen.

Sie haben hier ein anschauliches Beispiel der Umkehrbarkeit der continuierlichen Verwandlung mechanischer und elektrischer Effecte ineinander.

Die Vorgänge in den Dynamomaschinen sind im

Principe die gleichen, wie die Erscheinungen, welche ich Ihnen an dem Kupferringe und an der kleinen Siemens-Armatur auseinandergesetzt habe.

Eine Dynamomaschine kann somit sowohl als Stromquelle, wie als Motor verwendet werden. Wird der Dynamomaschine mechanischer Effect geliefert, so gibt sie elektrischen Effect; wird ihr elektrischer Effect übermittelt, so gibt sie mechanischen Effect etc. Allerdings muss bei einer Dynamomaschine eine kleine Verstellung derjenigen Organe (Bürsten), welche der Feder in unserer Anordnung entsprechen, vorgenommen werden.

Selbstverständlich setzt eine Dynamomaschine die verschiedenen Effecte ineinander nicht ohne Verlust um. Während noch vor wenigen Jahren viele Dynamomaschinen von dem zugeführten mechanischen Effect 50—60 Percent an elektrischen Effect abgaben, werden jetzt Dynamos construiert, welche über 80 Percent wiederzugeben vermögen.

Zwei solche Maschinen zu einer elektrischen Kraftübertragung combinirt, würden nur 64 Percent des ursprünglich aufgewendeten mechanischen Effectes schließlich wieder als mechanischen Effect abgeben können, wenn unterwegs nichts an Effect verloren gieng, was in dem Verbindungsleiter stets der Fall ist.

Der Transport des Effectes ist eben auch mit Hilfe der Dynamomaschinen, ebenso wie auf jedem anderen Wege, nur unter Aufwand eines Theiles des Effectes möglich.

Ohne in die Details der Bedingungen einzugehen, unter welchen sich eine Kraftübertragung mehr oder weniger günstiger gestalten kann, will ich gleich hervorheben, dass die Vortheile der elektrischen Kraftübertragung gerade nicht in der Überwindung so großer Distanzen zu suchen sind, wie dieselben bei den seinerzeit Aufsehen erregenden Versuchen von Marcel Deprez zwischen Creil und Paris, d. i. einer Distanz etwas größer als Wien—Wr.-Neustadt, zur Anwendung kamen, sondern bei kleineren Entfernungen viel mehr zur Geltung gelangen.

Ein kurzer Überblick der Entwicklung des Elektromotors und der Ausbreitung seiner Anwendung wird uns sofort erkennen lassen, worin die Vorzüge der elektrischen Kraftübertragung zu suchen sind.

Die ersten Elektromotoren von namhafterer Leistung wurden von dem Entdecker der Galvanoplastik, von Jacobi in Petersburg in den Jahren 1834—1838 mit einer sehr beträchtlichen Geldunterstützung des Kaisers Nicolaus construiert. Diese Motoren wurden durch Elemente betrieben, und es gelang Jacobi, mit einem Schaufelradschiffe von 28' Länge, 7' Breite und 2' 9" Tiefgang, mit vierzehn Personen auf der Newa zu fahren.

Da jedoch die Elemente eine sehr kostspielige Stromquelle sind, haben die Elektromotoren, auch die nach Jacobi construierten, keine praktische Anwendung gefunden.

Erst in der neueren Zeit, mit der Entwicklung

der Dynamomaschinen, d. i. der Schaffung billiger Stromquellen und der Erkenntnis der Umkehrbarkeit ihres Processes beginnen auch die Elektromotoren wieder in den Vordergrund zu treten.

Der erste, welcher die Umkehrbarkeit der Dynamomaschine, die ich Ihnen mit der Siemens-Armatur zu zeigen versuchte, aussprach, war der italienische Gelehrte Pacinotti. Derselbe ersann 1864 eine Vorrichtung, den Pacinotti'schen Ring, welcher zur Anwendung in Elektromotoren und in Dynamomaschinen sehr geeignet ist. Die Entdeckung Pacinottis scheint jedoch verloren gegangen zu sein. Die Ringarmatur wurde von Gramme zum zweitenmale entdeckt und tritt jetzt erst in die praktische Verwendung ein.

Dass eine Dynamomaschine durch den Strom einer zweiten Dynamo getrieben werden kann, wurde zum erstenmale, wie es scheint, in der Weltausstellung in Wien, 1873, von Hyppolite Fontaine und Breguet mit zwei Gramme'schen Maschinen öffentlich gezeigt.

Auch die Herren Siemens scheinen sich etwa seit 1867 mit diesem Probleme abgegeben zu haben.

Wir sehen nunmehr die elektrische Kraftübertragung nach zwei Richtungen sich entwickeln: als Bewegungsmittel für Eisenbahnen und zu industriellem Betrieb.

Folgen wir zunächst der ersteren Richtung. Die Herren Siemens und Halske beginnen 1879 mit erfolgreichen Versuchen über die elektrische Eisenbahn. Sie zeigen dieselben an einer 500 *m* langen Linie auf

der Berliner Ausstellung 1879, und bald folgten die Bahnen bei Lichterfeld nächst Berlin, die Bahnen auf den elektrischen Ausstellungen von Paris und Wien, die Bahn zwischen Offenbach und Frankfurt a. M., in dem Bergwerke von Zankeroda u. s. w. Im Jahre 1880 beginnt man sich auch in Amerika mit der elektrischen Bahn zu beschäftigen und seither sind auch jenseits des atlantischen Oceans elektrische Bahnen in ununterbrochenem Betriebe.

Wie Ihnen bekannt, ist in der Nähe von Wien, zwischen Mödling und der Hinterbrühl, eine von Siemens & Halske eingerichtete, von der Südbahn übernommene elektrische Bahn in ungestörtem, sehr zufriedenstellendem Betriebe. In Mödling, nächst der Eisenbahnstation, wird der Strom erzeugt, durch geschlitzte, auf passenden Trägern aufgehängene Röhren wird er weitergeleitet. In den Röhren gleiten Contactcylinder, welche durch Kabeln mit dem Waggon verbunden sind. Durch dieselben fließt der Strom in eine Dynamomaschine, welche sich unterhalb des Waggons befindet, und setzt sie in Bewegung, so wie es hier der Strom mit der kleinen Siemens-Armatur zwischen den Polen dieses Elektromagneten gethan hat. Von der Armatur der Maschine wird der Effect durch eine Drahtschnurübersetzung auf die Achsen des Waggons übertragen, so wie hier durch die Hanfschnur auf die Antriebscheibe.

Die Vorzüge einer elektrisch betriebenen Bahn vor einer Locomotivbahn liegen in der Möglichkeit der

Anwendung eines leichteren und billigeren Materials und demzufolge in einer leichteren und billigeren Construction des Unterbaues; in der Zulässigkeit größerer Krümmungen; in dem Abgange jeder Rauchentwicklung und in der Möglichkeit eines tramwayartigen Verkehres. Es ist möglich, auf derselben Strecke mehrere Waggon hintereinander, von derselben Stromquelle gespeist, laufen zu lassen. Diese Waggon können gekuppelt oder auch durch beträchtliche Abstände von einander getrennt sein.

Statt die Eisenbahnwaggon von einer festen Aufstellung aus zu betreiben, kann der Waggon auch mit Accumulatoren versehen werden, welche den Strom für die Dynamomaschine liefern.

Es sind dergleichen Versuche auf der Ausstellung zu Antwerpen gemacht worden. Man hat daselbst die Leistungen eines mit Accumulatoren betriebenen Straßenbahnwagens mit den Leistungen einer Locomotive von Krauss & Cie., eine Locomotive von Wilkinson und einer mit comprimierter Luft arbeitenden Maschine von Rowan verglichen.

Die Versuchscommission hat sich zu Gunsten des elektrischen Straßenbahnwagens ausgesprochen.

Seither sind in Hamburg und Brüssel solche durch Accumulatoren betriebene Straßenbahnwagen in Anwendung gekommen.

Es scheint überhaupt, als ob der Betrieb von Straßenbahnwagen mit Accumulatoren sich billiger herausstellen würde als jener mit Pferden.

Eine besondere Art elektrischer Verkehrsmittel sind die von Fleeming Jenkin erfundenen, von Ayrton und Perry weiter ausgebildeten Telpherlinien.

Dies sind Drahtseilbahnen, in einiger Höhe über dem Boden über geeigneten hölzernen Trägern, so wie Telegraphenleitungen fortgeführt.

Auf den Drahtseilen sind Kübel mittels geeigneter Rollen aufgehängt. Mehrere Kübel sind zu einem Zuge verbunden, welcher in der Mitte die Locomotive mit der treibenden Dynamo enthält.

Der Strom, welcher an dem einen Ende der Linie erzeugt wird, fließt durch die Drahtseile mit Hilfe passender Schaltungen in die Betriebsdynamo hinein. Die Geschwindigkeit dieser letzteren reguliert sich automatisch; die Bewegung des Zuges wird von der Anfangsstation aus geregelt.

Eine solche Telpherlinie ist zu Glynde in England mit Reckenzaunmotoren im Betriebe und dient zur Verfrachtung des Thones aus einer Grube zur Eisenbahn. Diese Bahn befördert mit täglich einem Zuge im Laufe der Woche 150 Tonnen Thon. Der Transport einer Tonne kommt auf 6 Cents, d. i. etwa 24 Kreuzer unseres Geldes zu stehen.

Solche Telpherlinien könnten nicht nur zur Verfrachtung von Mineralien, sondern von allen anderen Gütern dienen, welche sich in kleinere Theile von 100 bis 300 Kilo theilen lassen, so z. B. von Getreide, Wurzelfrüchten, Ziegeln, Kohlen, Holz u. dgl. m. Sie können überall ohne Grundablösung angelegt werden

und machen sehr wenig kostspielige Bauten nothwendig. Telpherlinien würden sich sehr zur Zufuhr der vorgenannten Artikel zu Eisenbahnen und Dampfschiffen eignen und könnten elektrischen Effect für landwirthschaftliche Zwecke abgeben.

In Amerika hat man auch schon Telpherlinien zum Personentransporte zu projectieren begonnen.

Die Bedeutung der Anwendung der Dynamomaschinen zum Betriebe der Bahnen wird fast noch von jener zu industriellen Zwecken übertroffen. Hier ist es weniger die Größe der zu überschreitenden Entfernung, in welcher der Erfolg der elektrischen Kraftübertragung liegt, sondern nebst anderen später zu erwähnenden Vortheilen die Möglichkeit, den elektrischen Effect auf verschiedene Entfernungen hin auf einfache Weise zu vertheilen.

Es ist insbesondere Amerika, wo mit Ende des Jahres 1886 etwa 5000 Elektromotoren zu industriellen Zwecken in Anwendung gestanden sind.

Für die Mannigfaltigkeit der Leistungen der tatsächlich bestehenden Elektromotoren soll Ihnen die nachfolgende, allerdings lückenhafte Zusammenstellung Anhaltspunkte geben.

So speist die Brush Co. in Philadelphia 250 Stockwellmotoren von einer Centralstation aus, welche ihrerseits zum Betriebe von Fabriksnähmaschinen, kleinen Drehbänken u. dgl. verwendet werden. Die Motoren entsprechen alle sehr gut, und ihre Anzahl würde noch viel größer sein, wenn die Gesellschaft mit den Kabeln

überall dorthin gelangen könnte, wo Motoren verlangt werden.

Die Brush-Swan Station in Cheyenne, Wy., speist Motoren zum Betriebe einer Abendblattdruckerei, einer Büchsenmacherwerkstätte und der Fleischschneidemaschinen von Selchern. Die Motoren werden bei Tag durch die Glühlichtleitung von Brush-Accumulatoren, bei Nacht von den Dynamomaschinen der Centrale direct betrieben.

In Des Moines, Iowa, speist die Edison Co. eine Anzahl von Spraguemotoren, welche unter anderm eine Scherschleifereinrichtung, eine Polierbank, den Generator der Telephoneinrichtung betreiben. Ein dreipferdiger Motor ist in einem Mietstalle zum Heben des Futters, zum Pumpen des Wassers und zum Abbürsten der Pferde in Verwendung.

In New-Bedford, Mass., sind sieben Sprague-motore durch die Edison Co. aufgestellt worden, welche zum Betriebe von Buchbinderschneidepressen, von Gefrorenemaschinen, von Kaffeebrenntrommeln, von Centrifugaltrockenapparaten in einer Färberei, von Haarkrempelmaschinen und in einer Silberplattierfabrik Verwendung finden.

In Boston hat die Sprague Co. einen ausgebreiteten Motorendienst auf etwa $\frac{3}{4}$ englische Meilen Umkreis von ihrer Centralstation im Rumpstead Court organisiert.

Ebenso sind in New-York eine große Zahl von Sprague- und Daftmotoren seit längerer Zeit zur vollen Zufriedenheit in Verwendung.

Die Ursache der eben skizzierten großen Verbreitung, welche die Elektromotoren in Amerika gefunden haben, liegt wohl zumeist in dem Umstande, dass die als Motoren verwendeten Dynamomaschinen sehr wenig Platz und keine kostspieligen Fundierungen zu ihrer Aufstellung erfordern. Der Gang der Elektromotoren ist ruhig und bringt keine besonderen Erschütterungen hervor. Die Zuleitung der Elektrizität von bestehenden Leitungen ist einfach und mit geringen Kosten auszuführen; die Bedienung ist eine außerordentlich leichte.

Aus den angeführten Gründen würden auch bei uns Elektromotoren in erfolgreiche Concurrenz mit den übrigen Kleinmotoren treten können.

Wenn auch die durch die Dynamo gelieferte Arbeit (Pferdekraftstunde) etwas theurer zu stehen käme als bei den Kleinmotoren, d. h. bei Gasmaschinen, Dampfmaschinen mit Kleinkesseln, Petroleummotoren etc., so ist doch die Capitalsanlage in der Anschaffung und Aufstellung einer Dynamomaschine eine weitaus geringere und die, mit der Zuleitung von Gas und von Kühlwasser und mit der Abfuhr der Auspuffgase verbundenen, ganz erheblichen Auslagen entfallen sämmtlich. Im Falle gemieteter Locale spielt nebst allen diesen Auslagen noch die Platzmiete eine wichtige Rolle, welche für die Dynamo fast gar nicht in Betracht kommt.

Selbstverständlich sind die Vortheile, welche die Elektromotoren gerade dem Kleingewerbe bieten

würden, an die Abgabe von elektrischem Strome aus Centralstationen gebunden. Gerade die Entwicklung und Entstehung dieser Centralstationen stößt bei uns auf einen unerklärlichen Widerstand.

So lange elektrische Centralstationen als bloße Privatunternehmungen und nicht als dem öffentlichen Interesse dienend angesehen und dementsprechend behandelt werden, wird weder die elektrische Beleuchtung ihren Weg in die Paläste der Vornehmen und Reichen und in die großen Kaufläden und Vergnügungsorte, noch die elektrische Kraftübertragung ihren Weg in die Werkstatt des hart um die Existenz ringenden Gewerbmannes finden; die Annehmlichkeit und der Nutzen, welcher durch die Fortschritte im Gebiete der Vertheilung elektrischen Effectes gemacht wurden, kommen uns nur zum geringen Theile zugute.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Obermayer Albert von

Artikel/Article: [Über die elektrische Kraftübertragung und die Fortschritte in der Anwendung derselben. 231-261](#)