

Über elektrische Arbeitsübertragung.

Von

Oberbaurat Prof. Karl Hohenegg.

Vortrag, gehalten den 9. November 1904.

Mit 9 Abbildungen im Texte.



Sehr geehrte Anwesende!

Als Vorstand des Elektrotechnischen Institutes ergreife ich den erwünschten Anlass, den Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, welcher heute seinen Einzug in dieses Haus hält, auf das herzlichste zu begrüßen und dem Wunsche Ausdruck zu geben, daß der Verein viele Jahre der gedeihlichen Entwicklung hier verbringen möge.

Es bereitet mir eine besondere Genugtuung, am ersten Tage Ihres Einzuges ein Gebiet jener Wissenschaft behandeln zu können, welcher dieses Haus in erster Linie zu dienen hat, und ich habe die elektrische Arbeitsübertragung als Thema des heutigen Vortrages gewählt, da ich der Meinung bin, daß dieses Gebiet der Elektrotechnik mit den Bestrebungen des Vereines in innigem Zusammenhange steht, denn kaum irgend ein anderes Gebiet der technischen Verwertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bedarf so sehr der allgemeinen Verbreitung und ist so sehr derselben würdig als gerade die elektrische Arbeitsübertragung.

Um die Bedeutung der elektrischen Arbeitsübertragung richtig würdigen zu können, bitte ich Sie zu bedenken, daß die Macht, der Wohlstand und die Wohl-

fahrt des Menschen in erster Linie auf der Ausnützung der ihm von der Natur gebotenen Arbeitsquellen beruht.

Die Urbarmachung des Bodens bedurfte der Arbeitskraft des Zugtieres, Handel und Verkehr zu Wasser wie zu Land sind ohne Arbeitskräfte unmöglich, die ganze Industrie wie das Gewerbe beruhen auf Ausnützung der verschiedenen Arbeitsquellen, ja selbst das häusliche Leben würde ohne solche kaum denkbar sein.

Die von der Natur uns gebotenen Arbeitsquellen sind nun, soweit sie bisher überhaupt ausnützbar wurden, abgesehen von den animalischen, vorwiegend an einzelnen Stellen in größerer Menge vereinigt und können nicht unmittelbar an der Fundstelle oder an der Stelle, wo sie zur Verfügung stehen, auch zweckentsprechend verwertet werden.

Es ist also unbedingt nötig, diese Arbeitskräfte, mögen sie nun, wie in der Kohle, in gebundener Form vorgefunden oder, wie bei einem Wasserfalle, fortwährend geleistet werden, an jene Stellen zu übertragen, woselbst sie mit Vorteil zur Verwertung gelangen können.

Die Kohle muß zur Betriebsanlage gebracht und dort erst in mechanische Arbeit umgesetzt und zur Dienstleistung herangezogen werden, und da die bisherige mechanische Arbeitsübertragung auf geringe Entfernungen beschränkt ist, mußte die Betriebsanlage in unmittelbarer Nähe der Verwertungsstelle angelegt werden, was mit vielen Nachteilen verbunden ist. Aus demselben Grunde mußte bis vor kurzem auf die Ausnützung solcher

Wasserkräfte, welche an unzugänglicher, für die Verwertung der Arbeit ungeeigneter Stelle liegen, gänzlich verzichtet werden.

Mit der Übertragung der Kohle bis zur Betriebsanlage und insbesondere mit dem Betriebe vieler kleiner Betriebsanlagen sind viele Kosten, Verluste und Unzukömmlichkeiten verbunden und die Unverwendbarkeit vieler Wasserkräfte bedeutet einen großen Verlust an Volksvermögen.

Da wurde nun in den letzten Dezennien durch die Elektrotechnik ein neues Mittel der Arbeitsübertragung geboten, durch welches eine weitaus bessere Ausnützung der verschiedenen Arbeitsquellen ermöglicht und durch welches große Entfernungen überwunden werden können, und überdies viele andere, sehr erhebliche Vorteile gewonnen wurden.

Wenn Sie nun bedenken, daß uns nunmehr eine neue Form der Übertragung der von der Natur so reichlich gebotenen, aber immerhin langsam versiegenden Arbeitsquellen zur Verfügung steht, so werden Sie schon eine Ahnung von der großen Bedeutung der elektrischen Arbeitsübertragung gewinnen, obwohl Sie vorläufig die vielen anderen Vorteile derselben gar nicht in Betracht gezogen haben. Sie bietet uns somit in erster Linie eine bessere Ausnutzungsmöglichkeit des von der Natur zur Verfügung gestellten, wohl sehr bedeutenden, aber doch begrenzten Arbeitskapitales.

Und wenn wir mit banger Sorge erkennen mußten, daß mit der stetig ansteigenden Kultur ein immer rasche-

rer Angriff auf dieses Kapital erfolgt ist, so daß in absehbarer Zeit ein Schwinden der uns zugänglichen Arbeitskräfte befürchtet werden muß, so bietet uns nunmehr die elektrische Arbeitsübertragung ein Mittel, die bisher vorwiegend verwendete Kohle besser auszunützen und neue, noch unvermutete Arbeitsquellen der Menschheit zugänglich zu machen. Durch sie ist es gelungen, die Leistungen großer Wasserfälle nutzbar zu machen, auf dem Wege der elektrischen Arbeitsübertragung wird der Arbeitsgehalt von Hochofengasen zur fernegelegenen Verwertungsstelle gebracht, sonst unverwendbarer Kohlenstaub der Verwertung zugeführt und die Gewalt des Sturmes dem Menschen dienstbar gemacht.

Um zu erkennen, welche Bedeutung der Ausnützung solcher Arbeitskräfte beizumessen ist, sei angeführt, daß der Rheinfall bei Schaffhausen über etwa $1\frac{1}{2}$ Millionen Pferdestärken verfügt und daß hiervon auf elektrischem Wege bisher 10.000 Pferdestärken ausgenützt werden. Noch weit größer ist die Leistung des Niagarafalles, welcher Tag und Nacht, jahraus jahrein in üppiger Verschwendungslust etwa 7 Millionen Pferdestärken vergeudet und sich bisher nur mit harter Mühe durch die Kunst des Technikers ca. 500.000 Pferdestärken abringen ließ, welche in elektrischen Anlagen der Verwertung zugeführt werden, während daselbst weitere Kraftanlagen für dieselbe Gesamtleistung im Bau sind, so daß in kurzer Zeit 1 Million Pferdestärken des Niagarafalles ausgenützt sein werden. Um diese Leistungen in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung richtig würdigen zu können, sei darauf

hingewiesen, daß der Niagarafall allein imstande wäre, die Maschinenarbeit aller Dampfmaschinen der Erde zu ersetzen, sofern seine Leistung das ganze Jahr hindurch also durch 8760 Stunden jährlich voll ausgenützt und ohne Einbuße an die verschiedenen Verwendungsstellen übertragen werden könnte.

Die kohlenarme Schweiz verdankt die vorwiegend auf Industrie begründete Wohlfahrt ihrer Bevölkerung nur der Ausnützung der vorhandenen Wasserkräfte, welche wohlfahrtspendend das Land beglücken. In Italien werden derzeit von den in reichem Maße vorhandenen Wasserkräften 500.000 Pferdekkräfte gewonnen und wenn wir den Wert der Pferdestärke pro Jahr nur mit 100 Kronen veranschlagen, was gering ist, so bedeutet dies einen jährlichen Betrag von 50 Millionen Kronen, welchen schon heute die silberschäumenden Wasserfälle dem Lande Italien spenden.

Aber wie ich schon oben erwähnte, bietet die elektrische Arbeitsübertragung nicht allein wirtschaftliche, sondern noch viele andere Vorteile, da sie in den meisten Fällen den anderen Mitteln der Arbeitsübertragung und Arbeitsverteilung weit überlegen ist.

Wie ist es nun möglich, die Arbeit auf elektrischem Wege zu übertragen?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir auf die Grunderscheinungen der Elektrotechnik zurückgreifen und, von dem magnetischen Kraftfelde ausgehend, das Verhalten der stromdurchflossenen Leiter im magnetischen Kraftfelde verfolgen.

Wir wissen durch die bahnbrechenden Forschungen Faradays, daß jeder Magnet seine Umgebung in einen Zwangszustand versetzt, welcher in dem Äther des Weltalls seine Träger findet und durch das Verhalten fein verteilter Eisenfeilspäne beobachtet werden kann.

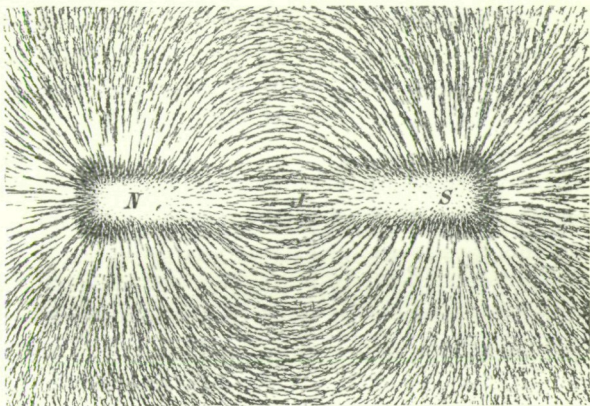


Fig. 1. Kraftlinienbild eines Magnetstabes.

Lassen Sie mich in Ihrer Erinnerung diese Ihnen gewiß längst bekannten Erscheinungen des magnetischen Kraftfeldes zurückrufen, indem ich Ihnen die Beobachtungen Faradays im Bilde vorführe (Fig. 1).¹⁾

An den in der Umgebung eines Magnetstabes durch fein verteilte Eisenfeilspäne gebildeten zusammenhängen-

¹⁾ Die Figuren 1 bis 6 sind dem vorzüglichen Werke von H. Ebert „Magnetische Kraftfelder“ entnommen.

den Linien erkennen wir, daß die ganze Umgebung des Magnetstabes in einem eigentümlichen Zwangszustande sich befindet, indem die Eisenfeilspäne einer Kraftwirkung ausgesetzt sind, welche eine durch die Linien angedeutete ganz bestimmte Richtung an jedem Orte aufweist und in geschwungenen Linien von einem Pole zum andern sich erstreckt.

Wenn wir nun über diese Feilspänelinien kleine, freidrehbare Magnetnadeln aufsetzen, so erkennen wir an diesen Magnetnadeln, daß die Kraftlinien nicht allein eine bestimmte Richtung, sondern auch einen bestimmten Richtungssinn aufweisen.

Betrachten wir den durch den Pfeil der kleinen Magnetnadeln angegebenen Richtungssinn als den positiven, so erscheinen die Kraftlinien als vom Nordpol ausgehend und dem Südpol zufließend.

Bringen wir nunmehr die kleinen Magnetnadeln in Erschütterungen, so beobachten wir ein verschiedenes rasches Schwingen derselben und schließen aus der kurzen Schwingungsdauer einzelner Nadeln auf eine stärkere Kraftwirkung, dagegen aus der langsameren Schwingungsdauer der von den Polen weiter entfernten Nadeln auf eine schwächere Kraftwirkung. Das magnetische Kraftfeld weist somit an jeder Stelle drei Eigenschaften, nämlich: Richtung, Richtungssinn und Stärke auf.

Untersuchen wir auf gleiche Weise das Kraftfeld zwischen zwei entgegengesetzt polaren Magnetpolen und bringen wir den Verlauf der hier auftretenden Kraft-

linien mit der bekannten Tatsache in Zusammenhang, daß entgegengesetzte Pole sich anziehen, so gewinnen wir die Erkenntnis, daß die Kraftlinien, elastischen Bändern vergleichbar, Zugspannungen hervorrufen und sich stets zu verkürzen trachten (Fig. 2).

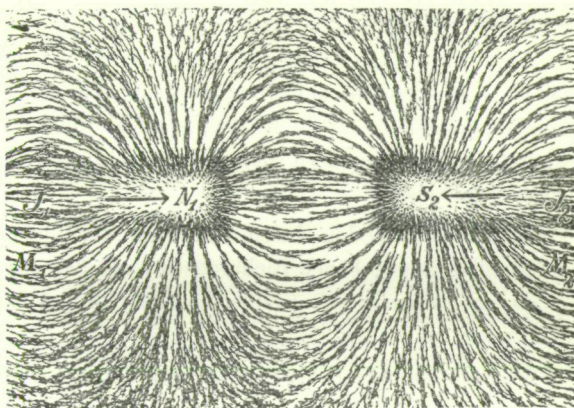


Fig. 2. Kraftlinien zwischen Nord- und Südpol.

Andererseits üben nebeneinander in gleichem Sinne verlaufende Kraftlinien aufeinander, beziehungsweise auf die von ihnen erfüllten Träger Querdrücke aus, indem jede Kraftlinie möglichst große Querschnitte anzunehmen bestrebt ist. Wir erkennen dies schon aus der gekrümmten Richtung der Kraftlinien zwischen den beiden ungleichnamigen Magnetpolen, viel deutlicher aber noch aus dem Verlaufe der Kraftlinien zwischen zwei gleich-

namigen Polen im Zusammenhange mit der Tatsache, daß gleichnamige Pole sich abstoßen (Fig. 3).

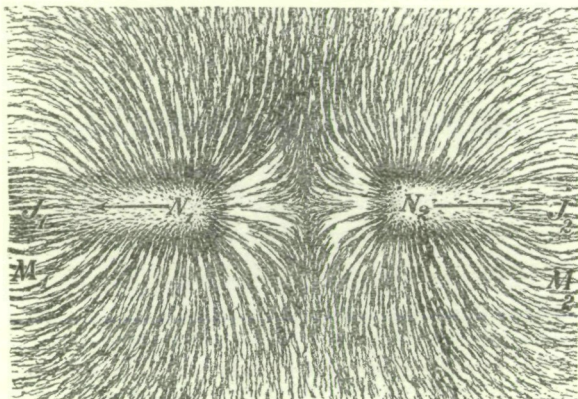


Fig. 3. Kraftlinien zwischen gleichnamigen Polen.

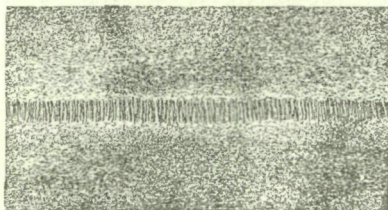


Fig. 4. Kraftlinien entlang dem Stromleiter.

Aber nicht allein die Magnete sind eine Quelle von magnetischen Kraftfeldern, sondern auch jeder vom elektrischen Strome durchflossene Leiter ruft ein magneti-

sches Kraftfeld ganz eigenartiger Gestalt hervor (Fig. 4 und 5).

Wir können dasselbe kennen lernen, indem wir einmal in der Ebene eines Stromleiters, ein anderes Mal in

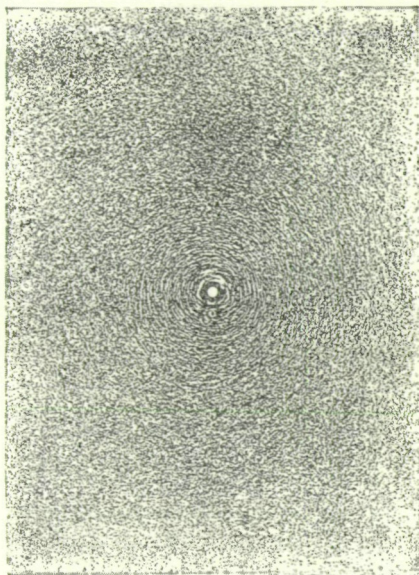


Fig. 5. Kraftlinien um einen Stromleiter.

einer Ebene senkrecht zum Stromleiter die Lagerung von aufgestreuten Eisenfeilteilchen feststellen.

Während sich in einer Ebene entlang dem stromdurchflossenen Leiter die Eisenfeilspäne senkrecht zum

Leiter anordnen, erkennen wir in einer senkrecht zum Leiter gelegten Ebene, daß das Kraftfeld um den Leiter in konzentrischen Kreisen angeordnet und je nach der Stromrichtung derart gerichtet ist, daß es, wie Ampère erforschte, stets in der Richtung des abgestreckten linken Armes eines mit dem Strome im Leiter schwimmenden und gegen den betreffenden Teil des Kraftfeldes blickenden Körpers verläuft. Diese bekannte Ampèresche Schwimmerregel wurde später durch die leichter benützbare rechte Daumenregel ersetzt, welche lautet:

„Lege ich die rechte Hand derart an einen Stromleiter, daß der Strom mit dem ausgestreckten Mittelfinger verläuft und die Handfläche dem in Betracht gezogenen Teile des Kraftfeldes zugekehrt ist, so gibt der abgestreckte Daumen die Richtung dieses Kraftfeldes an.“

Es liegt nun die Frage nahe, wie sich ein Stromleiter in dem Kraftfelde eines Magneten, z. B. eines Hufeisenmagneten verhält.

Auch hierüber können wir durch ein Kraftlinienbild Aufschluß erlangen.

Zu dem Zwecke bringen wir den Stromleiter zwischen die Schenkel eines Hufeisenmagneten und betrachten vorerst den Verlauf der Kraftlinien, bevor der Leiter vom Strome durchflossen ist. Wir erkennen, daß vom Nordpole zum Südpole in parallelen, ziemlich gleichmäßig verteilten Linien das Kraftfeld sich erstreckt, und würden bei genauer Untersuchung überall annähernd gleiche Stärke desselben feststellen können. Wir sagen: ein homo-

genes Kraftfeld erstreckt sich zwischen den Schenkeln des Magneten (Fig. 6).

Sowie nun ein elektrischer Strom in dem zwischen den Leitern angeordneten Stromleiter auftritt, wird der

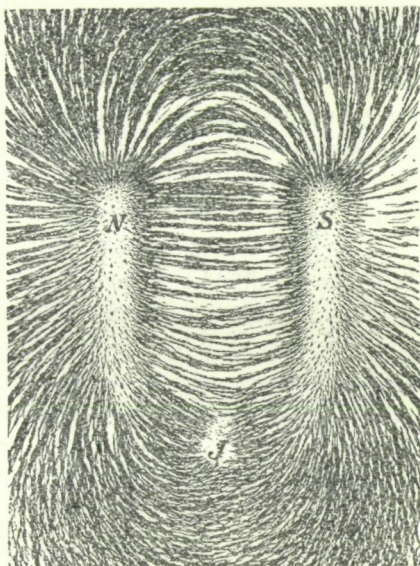


Fig. 6. Kraftfeld des Hufeisenmagneten.

Verlauf des Kraftfeldes gestört, indem nunmehr die von einem Pole zum anderen verlaufenden Kraftlinien gezwungen werden, in weiten Schleifen den Stromleiter zu umkreisen (Fig. 7).

Wenn nun wirklich die Kraftlinien sich stets zu verkürzen suchen, so muß nunmehr eine Kraftwirkung zwischen Leiter und Hufeisenmagnet auftreten, der Leiter muß das Streben zeigen, nach abwärts sich zu bewegen, beziehungsweise den Magneten nach aufwärts zu schieben.

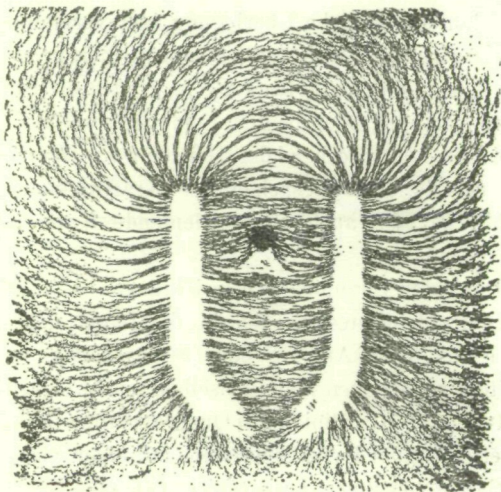


Fig. 7. Stromleiter im Kraftfelde des Hufeisenmagneten.

Die auftretende Krafrichtung kann am leichtesten mit der Benützung der linken Fingerregel von Flemming ermittelt werden, welche lautet: „Halten wir den Zeigefinger der linken Hand in die Richtung der Kraftlinien eines festliegenden Magnetfeldes, den darauf senkrecht gestellten Mittelfinger in die Richtung des Stromes, so

wird dieser im Sinne des abgestreckten Daumens vorwärts bewegt.“

Daß solche Kraftwirkungen tatsächlich auftreten, kann sofort deutlich erkennbar experimentell erwiesen werden, wenn die in Betracht kommenden Faktoren möglichst groß gewählt werden.

Schon die einfache Überlegung läßt vermuten, daß die Kraftwirkung P umso größer sein wird, je größer die Stärke des Magnetfeldes B , je größer die Stromstärke i und je größer die dem Felde ausgesetzte Leiterlänge l ist — entsprechend der Gleichung $P = B i l$. Werden nun alle diese Ursachen der Kraftwirkung groß gewählt, so muß auch eine bedeutende Kraftwirkung zustande kommen.

Dank der vorzüglichen Einrichtungen des Elektrotechnischen Institutes bin ich in der Lage, mit einem Strome von 3000 Ampère oder 300 absoluten Stromeinheiten zu arbeiten und denselben einem Kraftfelde von etwa 4000 Kraftlinien pro Quadratcentimeter in dem Magnetfelde einer Dynamomaschine mit einer wirksamen Leiterlänge von 20 cm auszusetzen, und muß dabei entsprechend der obigen Gleichung eine Kraftwirkung von 24 Millionen absoluten Krafteinheiten erhalten oder, da rund 1 Million absolute Krafteinheiten gleich einem Kilogramm sind, rund 24 kg Kraftwirkung erzielen.

Um vorerst zu zeigen, welche gewaltige Einwirkung ein so starker elektrischer Strom auf seine Umgebung ausübt, will ich vorerst ein blankes Leitungsseil, in welchem 3000 Ampère fließen, in Eisenstifte (Eisendraht-

stücke) einlegen und zeigen, daß diese schweren Eisenstäbchen bei diesem starken Strome sich ebenso um den Leiter lagern wie früher die feinen Eisenteilchen. Unterbreche ich nun den elektrischen Strom, so fallen die Eisenstifte zufolge ihrer Schwere sofort herab.

Wenn wir nun versuchen, dieses stromdurchflossene Leitungsseil zwischen die Pole einer Dynamomaschine zu bringen, soferne deren Feld erregt ist, so müssen wir die früher berechnete Kraft überwinden. Tatsächlich gelingt es nur schwer, dieses Leitungsseil durch den Spalt zwischen den Polen hindurchzubringen, soferne man nicht das Seil neigt, wobei ebenso wie bei dem Schneiden eines Papierses mit dem schräg angelegten Falzmesser die zu leistende Arbeit auf eine längere Zeit verteilt wird. Wir können uns nun leicht überzeugen, daß die Kraftrichtung entgegengesetzt auftritt, sowie nur einer der beiden Faktoren in entgegengesetzter Richtung zur Wirkung gebracht wird.

Wendet man das Magnetfeld oder den elektrischen Strom, in entgegengesetzte Richtung, so wird die Kraftwirkung entgegengesetzt. Wendet man jedoch gleichzeitig Magnetfeld und Strom, so bleibt die Kraftrichtung dieselbe, weil das Produkt zweier negativer Größen stets positiv ist.

Die eben beobachtete Erscheinung können wir nun benützen, um mit Hilfe des elektrischen Stromes Kraftwirkungen zu erzielen, wie dies bei verschiedenen Motoren für Gleich- wie Wechselstrom durchgeführt ist. Wir haben nur notwendig, die Stromrichtung in dem

Augenblicke zu wenden, wenn der Leiter am Ende der einen Bewegungsrichtung angelangt ist, und den Leiter dadurch zu zwingen, seine Bewegung fortzusetzen und sich von dem vor kurzem noch angestrebten Punkte wieder zu entfernen und so fort.

Dies wird bei jedem Gleichstrommotor durch den bekannten Kommutator erzielt, welcher schon von Paccinotti im Jahre 1860 zuerst angewendet wurde, während bei Verwendung von Wechselstrom die Umkehr der Stromrichtung vielfach ohne Kommutator durch den Generator selbst herbeigeführt wird. Damit ist die Grundform der Gleichstrommotoren sowie einer Gruppe von Wechselstrommotoren bereits erläutert.

Während der Gleichstrommotor sich selbst den Strom in den Ankerdrähten bei jeder beliebigen Tourenzahl stets in dem richtigen Augenblick wendet und daher, sofern die Bürsten richtig gestellt werden, für beliebige Tourenzahlen anwendbar ist, wird dies bei dem oben beschriebenen Wechselstrommotor nicht der Fall sein, weil hier der Augenblick des Stromwendens durch die Stromerzeugermaschine bestimmt ist, und es wird daher ein derartiger Wechselstrommotor nur bei einem bestimmten, mit dem Generator gleichzeitigen oder synchronen-Lauf richtig arbeiten. Man nennt daher derartige Wechselstrommotoren auch Synchronmotoren.

Die Leistung derartiger Motoren wird wesentlich erhöht, sofern die Stärke des Magnetfeldes nach Möglichkeit gesteigert wird; dies erfolgt durch Verwendung eines

eisernen Ankerkernes, welcher den Kraftlinien einen sehr geringen Widerstand entgegensetzt, so daß mit geringem Aufwande von Erregerstrom ein starkes Feld erzielt wird. Damit aber bei der Drehung dieses Eisenkernes in ihm selbst keine Ströme (sogenannte Wirbel oder Foucaultströme) induziert werden, muß derselbe aus dünnen Scheiben hergestellt werden.

Obwohl wir nur in sehr oberflächlicher Weise die Erscheinungen an den Motoren in Betracht gezogen haben, vermögen wir doch alle wichtigen Eigenschaften der Motoren aus unserer einfachen Betrachtung zu erkennen.

Wir begreifen leicht, daß die Erregung des Magnetfeldes, welche Gleichstrom erfordert, bei Gleichstrommotoren von derselben Stromquelle besorgt werden kann, welche den Ankerstrom liefert, daß dagegen bei dem Wechselstromsynchronmotor hierfür eine besondere Gleichstromquelle vorhanden sein muß. Ferner ist es einleuchtend, daß sich die Gleichstrommotoren verschieden verhalten werden, je nachdem die Feldstärke B konstant ist, wie dies bei Nebenschlußmotoren gewöhnlich der Fall ist, sofern sie mit konstanter Klemmenspannung betrieben werden, oder mit der Stromstärke im Anker gleichzeitig sinkt und steigt wie bei Hauptstrommotoren. Während bei ersteren Motoren die Umfangskraft annähernd einfach proportional der Stromstärke im Anker ist, wird bei Hauptstrommotoren mit steigendem Strome eine bedeutend erhöhte Umfangskraft erzielt werden, weil auch gleichzeitig die Feldstärke B angewachsen ist.

Wir werden daher die Hauptstrommotoren überall dort zur Anwendung bringen, wo sie zeitweise sehr hohe Umfangskräfte benötigen, also z. B. bei elektrischen Bahnen, Aufzügen u. dgl. Dagegen werden wir den Nebenschlußmotor dort anwenden, wo eine konstante Tourenzahl erzielt oder unter Umständen eine Arbeitsrückgewinnung angestrebt werden soll.

Den Synchronmotor werden wir nur in seltenen Fällen benützen können, denn er bedarf außer der den Betriebsstrom liefernden Wechselstromanlage noch einer Gleichstromquelle für die Erregung und hat die unangenehme Eigenschaft, daß er nicht selbst angeht, sondern durch einen anderen Motor erst auf seine richtige Tourenzahl gebracht werden muß, bevor er mit dem Netze in Verbindung gebracht werden darf. Das Einschalten muß sodann mit großer Vorsicht, und zwar derart erfolgen, daß die Stromwendung genau bei der richtigen Ankerstellung erfolgt.

Alle diese Umstände erschweren die Anwendung der Synchronmotoren derart, daß die Elektrotechnik danach trachten mußte, auf andere Weise den Wechselstrom für die Arbeitsübertragung nutzbar zu machen. Gegenüber dem Gleichstrom bietet der Wechselstrom den gerade für die Arbeitsübertragung bedeutenden Vorteil, daß er ohne allzu hohe Kosten auf weite Entfernungen geleitet werden kann, da die Möglichkeit besteht, ihn leicht mit hoher Spannung zu erzeugen und fortzuleiten und an der Verwendungsstelle von der hohen Spannung in eine niedere zu transformieren.

Es wurde bald erkannt, daß es möglich sei, den Hauptstrom oder Serienmotor auch mit Wechselstrom zu betreiben, da ja bei gleichzeitiger Änderung des Stromes im Anker und in der Erregewicklung die Drehrichtung des Motors ebenso bleibt, als ob Gleichstrom verwendet worden wäre, was ohne weiteres aus der Gleichung $P = B i l$ erkannt werden kann. Mit der wechselnden Erregung des Magnetfeldes stellten sich aber derartige Schwierigkeiten ein, daß die Verwendung von Serienmotoren bei Wechselstrom lange Zeit nicht weiter verfolgt und erst neuerdings wieder aufgegriffen und sogar in den Dienst des Bahnbetriebes gestellt wurde, nachdem man Mittel und Wege gefunden hat, diese Schwierigkeiten zu bekämpfen.

Anfangs erschienen dieselben derartig, daß man es vorzog auf andere Weise einen Ausweg zu suchen. In diesem Bestreben gelangte Ferraris sowie gleichzeitig mit ihm Tesla zu der Verwendung des sogenannten Drehfeldes, welches mit Benützung mehrerer in der Phase gegeneinander verschobener Wechselströme erzeugt werden kann.

Um diese wichtige Erfindung erläutern zu können, benütze ich das hier zusammengestellte Modell einer elektrischen Arbeitsübertragungsanlage, dessen Schaltungsschema nachstehend dargestellt ist (Fig. 8). Dieselbe besteht aus einem Generator für zwei in der Phase um 90° gegeneinander verschobene Wechselströme, ferner aus einer Leitung, bestehend aus vier Kupferdrähten, welche diesen Generator mit dem weit entfernten Motor

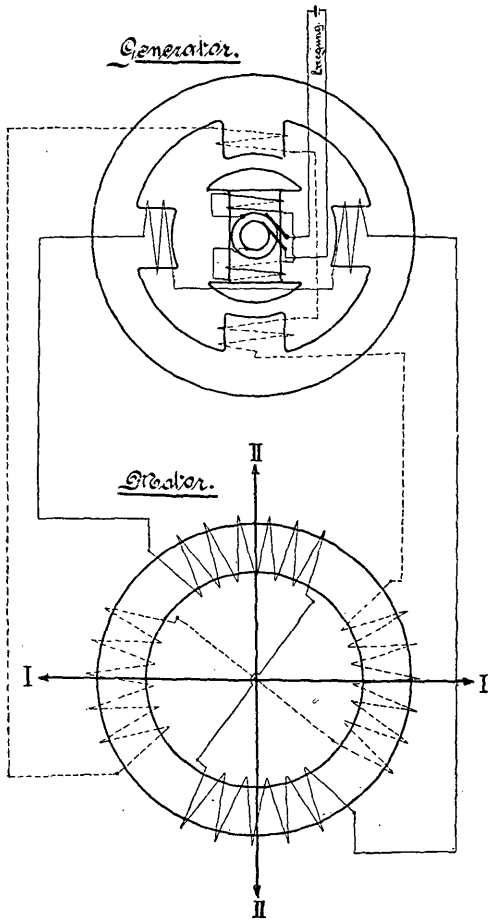


Fig. 8. Schaltungsschema der Teslamaschine.

verbindet, und einem Motor, welcher einen Eisenring mit zwei Spulenpaaren aufweist.

Je zwei diagonal gegenüberliegende Spulen des Generators sind mit je zwei diagonal gegenüberliegenden Spulen des Motors durch zwei Leitungsdrähte zu einem geschlossenen Stromkreise verbunden.

Wärenur der vollgezeichnete Stromkreis geschlossen, so würde im Motor ein sogenanntes Wechselfeld, d. h. ein Kraftfeld von wechselnder Richtung in der Richtung $I - I$ entstehen; würde nur der punktiert gezeichnete Stromkreis geschlossen sein, so würde im Motor ein Wechselfeld von einer zur früheren Richtung senkrecht stehenden Richtung auftreten ($II - II$). Und zwar würde der Richtungssinn dieser Wechselfelder mit der jeweiligen Lage des im Generator angetriebenen Magneten übereinstimmen. Wenn aber beide Stromkreise geschlossen sind, so vereinigen sich die beiden pulsierenden Wechselfelder zu einem kontinuierlich rotierenden Felde, dem sogenannten Drehfelde. Dies läßt sich sowohl rechnerisch als zeichnerisch nachweisen, wir wollen jedoch ein Experiment zum Nachweise benützen und zu dem Zwecke die Bewegung eines polarisierten Stahlmagneten verfolgen, welcher über der Mitte des Motorringes nach allen Richtungen freibeweglich angeordnet ist. Mit Hilfe eines solchen Stahlmagneten können wir sowohl jedes Wechselfeld allein, als auch das aus beiden gebildete Drehfeld beobachten.

Wir erhalten somit in dem Ringe des Motors ein kontinuierlich rotierendes Magnetfeld und können das-

selbe dadurch ausnützen, daß wir in den Motorring einen Elektromagneten oder einen polarisierten Stahlmagneten bringen und dessen Rotation mit dem Drehfelde zum Antriebe benutzen. Ja es genügt selbst ein weicher Eisenstab. In diesen Fällen würden wir wieder einen Synchronmotor erhalten und im ersteren Falle wieder eine Stromquelle für Erregung des Elektromagneten benötigen, welche bei Verwendung eines weichen Eisenstabes entfallen könnte. Wir können das rotierende Drehfeld aber noch dadurch zum Antriebe einer drehenden Bewegung benützen, daß wir in den Ring einen gut stromleitenden Körper z. B. eine Kupferscheibe bringen, welche nach dem bekannten Aragoschen Versuch ebenfalls in Rotation gerät, da bei jeder relativen Bewegung des Magnetfeldes zu einem Stromleiter in letzterem Induktionsströme induziert werden, welche nach einem allgemein gültigen Naturgesetze die relative Bewegung zu verringern trachten, somit den Stromleiter im Sinne der Bewegung des Drehfeldes antreiben.

Derartige Motoren heißen, da sie auf Induktion beruhen, Induktionsmotoren, oder, da ihre Bewegung vom Synchronismus abweichen muß, Asynchronmotoren.

Daß diese rotierende Bewegung durch ein Drehfeld hervorgerufen werden kann, kann auch dadurch erwiesen werden, daß wir einen Magneten in rotierende Bewegung versetzen, also auf solche Art ein Drehfeld hervorrufen und nun eine drehbar angeordnete Kupferscheibe dem rotierenden Drehfelde aussetzen oder umgekehrt, welches Experiment schon Arago vorgeführt hat und bei der

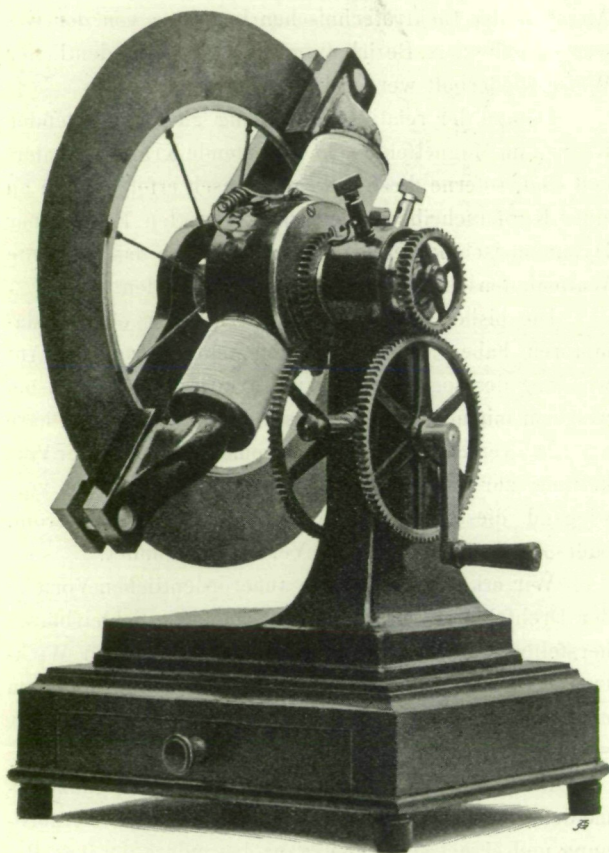


Fig. 9. Versuchseinrichtung (Aragosche Scheibe).

hier abgebildeten Versuchseinrichtung, welche nach den Angaben des Elektrotechnischen Institutes von der Gewerbeschule im X. Bezirk ausgeführt wurde, in deutlicher Weise wiederholt werden kann (Fig. 9).

Daß zu der relativen Bewegung gut stromleitender Körper im Magnetfelde sehr bedeutende Kräfte erforderlich sind, soferne diese Bewegung rasch erfolgt, kann an einer Kupferscheibe in dem stark erregten Felde einer Dynamomaschine gezeigt oder auch durch das bekannte Waltenhofensche Pendel demonstriert werden.

Die bisher beschriebenen Zweiphasen- oder Teslomotoren haben eine Vervollkommnung durch die Anwendung des sogenannten Drehstromes gefunden, bei welchem mit nur drei Leitungsdrähten drei in der Phase um 120° verschobene Wechselströme in sogenannter Verkettung zur Anwendung gelangen, so daß heute vorwiegend dieser verkettete dreiphasige Wechselstrom, oder „Drehstrom“ genannt, Verwendung findet.

Wir erkennen leicht die außerordentlichen Vorteile der Drehfeldmotoren, indem sie ohne jede Schleifbürste herstellbar sind, nur aus einem mit feststehenden Wicklungen versehenen Eisenblechkranz bestehen, in welchem ein Eisenkörper mit in sich selbst geschlossenen Kupferwicklungen rotiert.

Das Auftreten von Bürstenfeuer läßt sich ganz vermeiden, der Motor erhält die denkbar einfachste Anordnung und eignet sich daher ganz besonders für jene Betriebe, wo die Einfachheit der Einrichtungen und deren vollkommene Sicherheit und Ungefährlichkeit in Betracht

kommt, also z. B. für Bergwerksbetriebe, woselbst schlagende Wetter zu befürchten sind, in Fabriken für explosive Körper u. dgl.

Da man in der Lage ist, in einfachster Weise Wechselstrom von hoher Spannung in solchen von niederer Spannung umzuwandeln oder zu transformieren, lassen sich diese Drehfeldmotoren sehr vorteilhaft bei Arbeitsübertragungen auf weite Entfernungen anwenden und ermöglichen es, große Arbeitsleistungen mit einem geringen Aufwand an Leitungskupfer und Arbeitsverlusten zu übertragen.

Nachdem ich die verschiedenen Arten von Elektromotoren besprochen habe, lassen Sie mich Ihnen an der Hand von Lichtbildern einen Überblick über die schon heute so außerordentlich reiche und vielseitige Anwendung der elektrischen Arbeitsübertragung geben, aus welchem Sie erkennen werden, welche große Vorteile dieselbe zu bieten vermag und welche bedeutende Überlegenheit derselben gegenüber anderen Arbeitsübertragungen innewohnt.

Diese Überlegenheit der elektrischen Arbeitsübertragung liegt einerseits in der Einfachheit, Betriebsicherheit, Regulierbarkeit und Störungsfreiheit der dynamoelektrischen Maschine, mag sie als Generator oder als Motor verwendet werden, und andererseits in der außerordentlich vorteilhaften Übertragungsmöglichkeit des elektrischen Stromes mit Hilfe der elektrischen Leitungen.

Das geringe Raumerfordernis und die Einfachheit und Betriebsicherheit elektrischer Generatoren ermög-

licht es, die Anlage der Stromerzeugungsstätten in die nächste Nähe der Arbeitsquellen zu verlegen, so z. B. in ein entlegenes Gebirgstal, in unmittelbare Nähe einer Wasserkraft oder an die Ausmündung eines Kohlenschachtes, woselbst der unvermeidliche Kohlenabfall, sonst unverwendbar, ein lästiges Nebenprodukt bedeuten würde, oder auf die höchste Spitze eines Berges, dessen Windströmung zu irgend einer Arbeitsleistung herangezogen werden soll.

Die Bedienung derartiger Generatoranlagen beschränkt sich auf die einfachsten Handgriffe und erfordert nur wenig Arbeiter, ohne daß es nötig wäre, dieselben durch besonders vorgebildete Ingenieure zu überwachen.

Noch weit mehr kommen die Vorteile der Dynamomaschine bei den motorischen Anlagen zur Wirkung. Kein lästiges Abfallprodukt erschwert die Anwendung derselben, Lärm und Erschütterungen sowie störende Hitze können fast ganz vermieden werden, Rauch, Ruß und Staubentwicklung kommen überhaupt nicht vor. Die außerordentliche Einfachheit, das verhältnismäßig geringe Gewicht, der Entfall schwerer Fundamente und die leichte Stromzu- und Stromableitung ermöglichen es, den Elektromotor leichter als irgend einen anderen Motor anzuwenden und an Stellen zur Verwendung zu bringen, wo kein anderer Motor angebracht werden könnte.

Einfache Drähte ersetzen die sonst nötigen schwerfälligen Übertragungsmittel wie Riemen, Seile,

Dampfzu- und Ableitungen, Wasser- oder Luftrohre u. dgl. Diese leichte Anbringbarkeit der Elektromotoren hat eine gänzliche Umwälzung in vielen Betrieben, so z. B. im Betriebe der Hebewerke sowie im Werkstättenbetriebe überhaupt hervorgebracht.

Während früher die Beförderung der Lasten auf kleine Entfernungen zum großen Teile durch Menschen besorgt werden mußte, da alle anderen Arbeitsübertragungen die erforderliche Bewegungsfreiheit und Leichtigkeit der Handhabung nicht gestatteten, bietet die elektrische Arbeitsübertragung die Möglichkeit, dem Menschen auch diese schwere Arbeit zum großen Teile abzunehmen und dieselbe wesentlich leichter und rascher durchzuführen, als dies trotz größter Anstrengung durch Menschenkräfte möglich wäre.

Unter dem Einflusse der Elektrotechnik entwickelt sich zufolge dieser Vorteile eine gänzliche Umgestaltung der Lastenförderung, welche vorläufig nur zum geringsten Teile durchgeführt ist und zweifellos noch lange nicht zum Abschlusse kommen wird.

Durch sie wird der Mensch der Notwendigkeit enthoben, die Lastenförderung mit eigener Kraft zu bewerkstelligen, und damit von einer der unwürdigsten Arbeiten befreit.

An Stelle des zum Lasttier herabgedrückten schlecht gelohnten, mit gebeugtem Rücken und zu Boden gesenktem Blicke sich abmühenden Schwerarbeiters sehen wir den Kranwärter treten, welcher an erhabener Stelle, freien Ausblick genießend, mit leichtem Handgriffe

den raschen Lauf des Kranes beherrscht und bei seinem scharfen Blicke, seiner schnellen Auffassung und raschen EntschlieÙung tausendfach mehr zu leisten vermag als sein Vorgänger und bei leichter Arbeit und besserem Lohne ein menschenwürdiges Dasein genieÙt.

Hier erkennen wir in der elektrischen Arbeitsübertragung ein wesentliches Hilfsmittel zur Erzielung eines großen sozialen Fortschrittes und gewinnen die erhebende Befriedigung, als Techniker zur Lösung der sozialen Frage auf einem wichtigen Gebiete Großes leisten zu können.

Die außerordentliche Beweglichkeit der elektromotorisch betriebenen Fördermittel und die Freizügigkeit des Elektromotors haben auch in anderer Richtung im Werkstättenbetriebe eine völlige Umwälzung hervorgebracht. Während bisher das zu bearbeitende Werkstück trotz seiner Größe und Schwere zur fest fundierten und mit der Transmission in unverrückbarer Verbindung stehenden Arbeitsmaschine gebracht werden mußte, wird nunmehr die durch den Elektromotor betriebene und mittels elektrisch angetriebener Fördermittel leicht bewegliche Arbeitsmaschine zu dem unhandlichen und schweren Werkstücke gebracht und dieses während der ganzen Bearbeitung in unveränderter Lage belassen. Diese Arbeitsweise spart an Zeit und Mühe und erlaubt es, motorisch betriebene Arbeitsmaschinen an Stellen zu verwenden, wo früher nur die langsame Handarbeit denkbar war.

So können wir die Nietlöcher der Brückenträger nach fertiger Verlegung bohren und ausreiben, wir

können am Schiffskolosse in vorteilhaftester Weise Nacharbeiten vornehmen, wir können die Sprenglöcher im Tunnel bei härtestem Gestein rasch vortreiben, ohne daß die Arbeiter durch Rauch und Ruß oder durch Verbrennungsprodukte belästigt werden, wir können im Inneren der Erde, im Bergwerke die Wasserhaltung, die Förderung, die Aufschürfung und Zerkleinerung des Gesteins wie die Bewetterung besorgen und können sogar unter Wasser in Unterseebooten motorische Antriebe bewerkstelligen.

In vielen Fällen wird besonderer Nutzen aus dem Umstande gezogen, daß sich an einem Elektromotor jede Funkenbildung und gefährliche Erwärmung, welche eine Zündung explosibler Stoffe herbeiführen könnte, vollständig vermeiden läßt. Dieser Möglichkeit ist die Anwendung von Elektromotoren in Schlagwettergruben, bei Petroleumschächten, in chemischen Putzereien, in Pulverfabriken und in vielen anderen Betrieben zu danken.

Durch den Elektromotor werden die Arbeiter befähigt, in derartigen Betrieben trotz der tückischsten Feinde lohnende Arbeit zu verrichten.

Ein weiterer Vorteil, welchen die Elektromotoren vor allen anderen voraus haben, liegt in deren Regulierfähigkeit.

Es liegt in unserer Macht die Tourenzahl und Leistung der Elektromotoren in weiten Grenzen zu verändern, wir können die Elektromotoren für eine ganz bestimmte Geschwindigkeit wählen, können ihre Anzugskraft in weiten Grenzen steigern, können sie zur Abgabe, aber

auch zur Aufnahme mechanischer Arbeit heranziehen, können ihre Drehrichtung durch einen Handgriff ändern, können ihre Tätigkeit in Abhängigkeit von anderen Umständen bringen und dergleichen mehr. Von letzterer Möglichkeit wird im Eisenbahnsicherungswesen ausgiebiger Gebrauch gemacht und mit voller Beruhigung vertrauen wir das Schicksal der reisenden Menschheit der unbedingten Verlässlichkeit des Elektromotors an, welcher die Weichen stellt und die Fahrstraßen freigibt und sperrt, so daß nur mehr die Nichtachtung eines Signales durch fehlbare Menschen eine Störung verursachen kann.

Die bei Elektromotoren leicht erzielbare konstante Tourenzahl sowie die Vermeidbarkeit störender Schwingungen hat in vielen Betrieben, so z. B. in der Spinnerei, Weberei u. dgl. eine bedeutende Steigerung der Leistungsfähigkeit und Qualität ermöglicht.

Zu allen diesen Vorteilen kommt noch der erzielbare hohe Wirkungsgrad des Elektromotors.

Welcher andere Motor arbeitet mit 92 und mehr Prozent Wirkungsgrad, welche Arbeitsübertragung gestattet es, auf große Entfernungen 85 Prozent der Ursprungsarbeit wieder zu gewinnen?

Welch andere Übertragung stellt so wenig Anforderungen bezüglich Raum und Fundierung wie die elektrische Übertragung? Welche derselben ist gleich verteilbar? usw.

Nach allen Richtungen eine wunderbare Vollkommenheit und außerordentliche Überlegenheit!

Bietet schon die günstige Anwendbarkeit der Generatoren und Motoren ganz erhebliche Vorteile, so ist dies in weit höherem Maße bei dem Übertragungsmittel, der Leitung der Fall.

Bei jeder Art von Übertragung kann die jeweilig übertragene Leistung dem Produkte zweier Faktoren proportional gesetzt werden:

$$L \doteq e \cdot i \doteq v \cdot P \doteq \omega \cdot D \doteq p \cdot Q \doteq w \cdot V$$

bei elektrischer Arbeitsübertragung dem Produkte von Spannung und Strom $e \cdot i$; bei Wellen, Riemen, Seilübertragung dem Produkte von Geschwindigkeit und Kraft, $v \cdot P$ beziehungsweise Winkelgeschwindigkeit mal Drehmoment $\omega \cdot D$; bei Dampfdruck, Druckluft und Druckwasserübertragung dem Produkte von Druck p mal sekundlicher Menge des Druckmittels Q ; bei Kraftgasübertragungen dem Produkte von Wertigkeit per Kubikzentimeter w mal sekundlichem Volumen V .

Damit eine Arbeitsübertragung während der Betriebszeit dienstbereit sei, wird gewöhnlich einer der Faktoren mehrweniger konstant erhalten, während der andere Faktor dem Bedarfe entsprechend variiert; so wird bei elektrischen Arbeitsübertragungen gewöhnlich die Spannung konstant erhalten, wogegen die Stromstärke mit der abgenommenen Leistung schwankt. Bei der Wellen- und Seilübertragung ist die Geschwindigkeit gewöhnlich unveränderlich, während die übertragene Kraft, beziehungsweise das übertragene Drehmoment von der Inanspruchnahme abhängt. Bei Druckleitungen ist der Druck konstant und die sekundliche Menge veränderlich. Bei

Kraftgasanlagen ist die Wertigkeit konstant, dagegen das beförderte sekundliche Volumen veränderlich.

Dank der vorzüglichen Isolationsmittel können wir die elektrische Betriebsspannung außerordentlich hoch treiben, ohne daß die Verluste durch Ableitung allzu hoch werden. Ein dünner Draht vermag Tausende von Pferdestärken zu übertragen, und die in ihm auftretenden Verluste sind verschwindend, dagegen erfordert eine Wellen-, Riemen- oder Seilübertragung ebenso wie eine Druckleitung für Wasser, Luft oder Dampf oder eine Kraftgasleitung einen weitaus größeren Aufwand an Übertragungsmitteln und bringt weitaus größere Verluste mit sich als die elektrische Leitung. Auch die mit der Inanspruchnahme der Übertragung veränderlichen Druckbeziehungsweise Spannungsverluste können bei elektrischen Anlagen weitaus geringer erhalten werden als bei allen anderen Übertragungsweisen. Bekanntlich ist eine Pferdestärke gleich 736 Watt und bei nur 87% Wirkungsgrad des Motors würden für eine von dem Motor abzugebende Pferdestärke rund 850 Watt zu übertragen sein. Bei 1000 Pferdestärken also 850 KW. Würde eine Betriebsspannung von 2000 Volt angewendet werden, so würde man $42\frac{1}{2}$ Ampère Betriebsstrom und somit ungefähr $10-20\text{ mm}^2$ Querschnitt, also einen Draht von $3\frac{1}{2}-5\text{ mm}$ erhalten. Es werden aber vielfach weitaus höhere Spannungen, sogar 40.000 Volt und selbst 60.000 Volt benützt und dementsprechend verhältnismäßig schwächere Drähte benötigt. Vergleichen Sie diesen geringen Aufwand mit jenem bei anderen Betrieben, ver-

gleichen Sie die geringen Verluste mit den Verlusten bei anderen Betrieben, dann wird Ihnen die technisch-wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Arbeitsübertragung gegenwärtig werden.

Die elektrischen Leitungen sind aber allen anderen Übertragungsmitteln auch dadurch weit überlegen, daß sie die Abgabe der Leistung in selten einfacher Weise gestatten.

Die einfache Berührung ermöglicht es, sehr bedeutende Leistungen abzunehmen, was in ähnlicher Weise bei keinem anderen Betriebe möglich ist. Wohl können wir bei Reibungsrädern durch bloße Berührung Arbeitsleistungen übertragen, aber die übertragbare Leistung ist sehr beschränkt und wenn wir, wie etwa bei Seilbahnen, durch festes Anklammern größere Leistungen übertragen wollen, so findet ein außerordentlicher Verschleiß der Übertragungsmittel statt.

Dagegen ist es gelungen, so z. B. bei der elektrischen Schnellbahn Tausende von Pferdestärken bei einer Geschwindigkeit von mehr als 200 *km* pro Stunde durch einfache Schleifbügel, welche die dünnen Kupferdrähte sanft berühren, abzunehmen.

Wir brauchen aber gar nicht der beinahe unfaßbaren Erfolge zu gedenken, welche bei den Schnellbahnversuchen errungen wurden, sondern nur die täglich vor unseren Augen verkehrenden Straßenbahnwagen zu betrachten, um bewundernd die Leistungen der elektrischen Arbeitsübertragung würdigen zu müssen.

Auch hier vollzog sich in unseren Tagen und unter unseren Augen ein gewaltiger Umschwung, welcher für

die Wohlfahrt der Menschen und vor allem der Städtebewohner von erlösender Bedeutung wurde.

Durch die elektrischen Straßenbahnen sind wir in die Lage versetzt, die Wohnungen fern von den Arbeitsstellen in gesunder ruhiger Lage und in frischer Luft zu wählen, der Arbeiter kann für geringes Geld den oft weiten Weg zu und von der Arbeit in der halben Zeit durchmessen, welche er zu Fuß benötigen würde, er spart an Arbeitskraft und Zeit und kann die Fahrzeit durch Lesen verkürzen und damit der erhebenden geistigen Anregung und Ausbildung widmen.

Die elektrischen Straßenbahnen sind aber zweifellos nur die Vorgänger der elektrischen Vollbahnen, welche, wenigstens dort, wo der Personenverkehr vorwiegend ist, die Dampfbahnen verdrängen werden. Hierin dürfte sich in der nächsten Folge dem Elektrotechniker ein sehr wichtiges und lohnendes Feld der Tätigkeit erschließen und es dürfte die damit zusammenhängende Umwälzung auf vielen anderen technischen Gebieten von tiefeinschneidender Bedeutung werden.

Aber nicht allein den Verkehr zu Land, sondern auch jenen zu Wasser sehen wir bereits vom Elektromotor beherrscht und die so hoch wirtschaftlichen Schifffahrtskanäle werden durch elektrischen Betrieb der Schiffe an Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit nur gewinnen. Auch im Gewerbe wie in der Industrie erleichtert der Elektromotor die Arbeit.

Das Nähmädchen ist der Mühe enthoben, den ganzen Tag den Fußtritt der Nähmaschine in Bewegung zu er-

halten, welche nunmehr elektromotorisch angetrieben wird, es kann ohne schädigende Überanstrengung die volle Aufmerksamkeit der Güte und Schönheit der Arbeit zuwenden und durch bessere und raschere Arbeit einen höheren Lohn erzielen.

Ebenso wurde der Weber, der Spinner, der Dreher usw. zu höherer Leistung bei geringerer Anstrengung befähigt.

Wohl fehlt es nicht an kurzsichtigen Menschen, welche in der Steigerung der Leistungsfähigkeit des Einzelnen eine Gefahr für die Gesamtheit erblicken, dieselben bedenken aber nicht den Wettbewerb aller Erdenbewohner untereinander und ahnen nicht, wie steigerungsfähig der Bedarf ist. Ihre Kurzsichtigkeit kann mit jener von Kurmainz verglichen werden, welches noch Ende des 18. Jahrhunderts der preußischen Post die Konzession versagte, weil sie zu schnell fahre, so daß Gastwirte, Bäcker, Sattler, Schmiede, Bierbrauer und Weinschänker an den Landstraßen nicht genügend Nahrung hätten. Ihnen können tausend Beispiele aus der Geschichte der Technik entgegengehalten werden, welche beweisen, daß alle solche Engherzigkeit sich nicht erhalten konnte. Nur eines sei angeführt: Während der Erfinder der Bandmühle, welche es ermöglichte, 20 und mehr Bänder gleichzeitig zu weben, getötet wurde und sein Bandwebstuhl öffentlich verbrannt und durch Reichsverbot fernerhin unmöglich gemacht wurde,¹⁾ welches

¹⁾ Siehe O. Lehmanns Politik und Physik. Karlsruhe, S. 42.

Verbot noch 1719 von Kaiser Karl VI. in Deutschland erneuert worden ist, sicherte man kaum 50 Jahre später jedem, der die Anlage einer Bandmühle bewerkstelligte, eine Belohnung von 30 bis 50 Talern zu.

Nach solchen geschichtlichen Erfahrungen kann es nicht bezweifelt werden, daß der Elektromotor immer weitere Verbreitung finden und sich sogar im einfachen Haushalte einbürgern wird. Es wird nicht lange dauern, so wird er auch hier die schwere Arbeit verrichten, so z. B. das Walken und Glätten der Wäsche, das Putzen der Fußböden, das Reinigen des Eßzeuges und dergleichen mehr.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so müssen wir der elektrischen Arbeitsübertragung eine hohe, heute noch nicht genügend gewürdigte, wohl kaum noch richtig erkannte Bedeutung zuerkennen.

Überall sehen wir den Elektromotor Arbeitskräfte und Arbeitsmöglichkeiten erschließen, Wohlfahrt spenden, das Leben und die Gesundheit des Menschen beschützen und erkennen ihn als einen treuen und stets dienstbereiten Helfer des arbeitenden Menschen, vielfach auch als dessen erlösenden Bundesgenossen in seinem sozialen Kampfe, wohl wert, von jedermann gekannt und genützt zu werden.

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: 1905

Band/Volume: [45](#)

Autor(en)/Author(s): Hochenegg Carl (Karl) von

Artikel/Article: [Über elektrische Arbeitsübertragung. 507-544](#)