III. *Beschreibung einer elektromagnetischen Maschine; von J. H. Koosen.*

Bei Entwicklung der Gesetze, nach welchen die Umwandlung der galvanischen Elektricität in Wärme und mechanische Kraft erfolgt, so wie bei anderen Gelegenheiten, habe ich mich vielfach auf Versuche bezogen, welche an elektromagnetischen Maschinen angestellt worden; es dürfte daher nicht überflüssig seyn, hier eine Beschreibung derselben folgen zu lassen, zumal da das System, nach welchem diese Maschinen construirt sind, von den mir sonst bekannten durchaus abweicht.

Viele der Inductionsphänomene lassen sich nur mit Hülfe dieser Maschinen verfolgen, und es war daher hauptsächlich um die Gesetze der hieher gehörenden Erscheinungen zu bestimmen, daß ich bei meinen Versuchen die elektromagnetischen Motoren zu Hülfe nahm. Obwohl es daher nicht darauf abgesehen war, praktische Erfolge mit solchen Maschinen zu erzielen, da ich von vornherein deren Anwendung in der Technik dem gegenwärtigen vervollkommenen Zustande der Dampfmaschinen gegenüber für unausführbar halte, so lange die Chemie nicht ein einfacheres und weniger kostspieliges Material kennen lehrt als Zink und Salpetersäure um einen kräftigen galvanischen Strom zu erzeugen, — so fand ich dennoch die bisher bekannten Systeme von elektromagnetischen Motoren selbst für meine Absichten zu unwirksam; sie geben sämtlich zu wenig mechanische Kraft im Verhältniß der angewandten Stromstärke. Diesen Uebelstand habe ich mittelst der nun zu beschreibenden Construction zu vermeiden gesucht, und glaube in dieser Maschine das Möglichste erreicht zu haben, was man bei dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaften überhaupt von solchen Apparaten erwarten kann.

Das Princip dieser Maschine besteht wesentlich darin,

dafs die Pole hufeisenförmiger Elektromagnete sich tangential und sehr nahe vor den Polen feststehender Elektromagnete vorbeibewegen und so eine continuirliche Rotation veranlassen. Die Hauptsache aber ist, dafs die Erregung der beweglichen wie der festen Theile durch den Strom nur während einer kurzen Strecke ihrer Bahn erfolgt und nur so lange andauert, als sich die beweglichen und festen Theile in der für ihre gegenseitige Anziehung günstigsten Lage befinden; der Strom der Batterie wird dann aber nicht unterbrochen, sondern geht unmittelbar von dem einen dieser Systeme in ein zweites ähnliches über, welches sich nun in der entsprechenden Stellung befindet; von diesem in ein drittes u. s. f., bis dann wieder die zuerst erregten Elektromagnete in ihre ursprüngliche Stellung gelangen. Es wirkt nur die anziehende Kraft der ungleichnamigen Pole; die abstoßende Kraft der gleichnamigen ist gänzlich ausgeschlossen. Durch diese Vorkehrung wird der grofsen Verschwendung von Stromkraft vorgebeugt, welche stattfindet, wenn wie bei den gebräuchlichen Maschinen die Magnetisirung schon eintritt, indem die Pole noch zu weit von einander entfernt sind, um irgend eine bemerkbare Wirkung auf einander auszuüben.

Acht cylindrische Stäbe von weichem Eisen, jeder von 2 Zoll Durchmesser und 18 Zoll Länge sind so auf der Mantelfläche eines 8 Zoll im Durchmesser haltenden Cylinders angeordnet und befestigt, dafs ihre sämtlichen Axen mit einander und mit der Axe des Cylinders parallel laufen, und dafs zwischen je zweien derselben ein Zwischenraum bleibt, der ungefähr dem Durchmesser eines Stabes selbst gleichkommt. Jeder dieser Eisenstäbe ist mit 600 Windungen eines 1 Linie starken gut umsponnenen und gefirnifsten Kupferdrahtes umwunden. An seinen beiden Enden ist jeder dieser Stäbe spitzig zugeschmiedet, so dafs seine beiden Pole nicht Kreisflächen, sondern Parallelogramme bilden, wie Taf. IV. Fig. 8, *a* und *b*, darstellt. Je acht dieser Polflächen liegen in einer vollkommenen Ebene; vor dieser Ebene und vor den acht Polflächen bewegen

sich auf jeder Seite drei bewegliche hufeisenförmige Elektromagnete, davon jeder aus zwei cylindrischen Stäben wie die obigen, nur kürzer, besteht, die durch ein daran geschmiedetes Quereisen mit einander verbunden sind. Jeder dieser beweglichen Elektromagnete hat ebenso geformte Polflächen wie die festen Stäbe. Die drei hufeisenförmigen Elektromagnete an jeder Seite der unbeweglichen Stäbe sind auf einer 1 Zoll starken und $5\frac{1}{2}$ Fufs langen stählernen Axe so festgeschraubt, dafs ihre Pole in einer Ebene liegen, die mit der Ebene, welche die Pole der acht festen Elektromagnete bilden, genau parallel ist und nur etwa ein Millimeter von der letzteren Ebene absteht. Dafs dieser Abstand während der Bewegung der Maschine immer derselbe bleibt und dafs die Polflächen der beweglichen und der festen Elektromagnete, trotz der grofsen Kraft, mit welcher sie sich gegenseitig anziehen, nie miteinander in Berührung kommen, wird durch die feste Lage der Axe der Maschine in ihren Lagern bewirkt, so dafs eine noch so kleine Bewegung derselben im Sinne ihrer Länge unmöglich gemacht ist. Die sechs Pole der rotirenden Elektromagnete auf jeder Seite der Maschine liegen nicht nur in einer Ebene, sondern befinden sich auch in genau gleichem Abstände von einander, ebenso wie diefs mit je acht Polflächen der festen Stäbe der Fall ist. Da die Hufeisen eins hinter oder über dem anderen auf der Axe unverrückbar befestigt sind, so haben ihre Schenkel nicht alle dieselbe Länge, da sonst ihre Polflächen nicht sämtlich in einer Ebene zu liegen kämen. Die Anordnung der Polflächen der festen und rotirenden Elektromagnete ist aus Fig. 9, Taf. IV. ersichtlich; die letzteren sind durch punktirte Linien und römische Ziffern bezeichnet. Man sieht aus diesem Schema, dafs bei der darin dargestellten Lage der Magnetpole gerade zwischen den Flächen der feststehenden Elektromagnete 1 und 5 und den Polen des beweglichen Elektromagnets I die grösste Anziehung in diesem Augenblicke stattfinden mufs. Der Strom der Batterie theilt sich daher mittelst der später zu

beschreibenden Commutatoren und geht in 1, 5 und in I, so wie in das den Polflächen I auf der anderen Seite der Maschine entsprechende Hufeisen, in der Art, daß die einander genäherten Polflächen I und 1, sowie I und 5 entgegengesetzte Polarität erlangen, sich also anziehen. Ist nun Bewegung im Sinne des Pfeils eingetreten, und hat die Maschine einen Winkel von 15° oder $\frac{1}{24}$ Umdrehung gemacht, so stehen die Polflächen 1 und 8 den Polflächen I beinahe gegenüber, so daß die tangentielle Componente ihrer gegenseitigen Anziehung schon gering wird. Nach jener $\frac{1}{24}$ Umdrehung befinden sich aber die feststehenden Pole 2 und 6 und die beweglichen Polflächen II ganz in derselben gegenseitigen Stellung, welche vorher 1, 5 und I hatten; nach einer weiteren $\frac{1}{24}$ Drehung ist dasselbe mit den Polflächen 3, 7 und III der Fall; der Strom der Batterie muß daher, um die Maschine in Bewegung zu erhalten, nach jeder $\frac{1}{24}$ Umdrehung in ein anderes System fester und beweglicher Elektromagnete übergehen. Es werden von den acht festen Stäben immer nur zwei und zwar die beiden einander diametral gegenüberstehenden elektromagnetisirt, die übrigen sechs ruhen so lange; von den beweglichen 3 Hufeisen, die sich auf jeder Seite der Maschine befinden, wird immer nur eins zu einem Magneten gemacht; hierdurch ist fortwährend ein Kreis von einander mit den ungleichnamigen Polen zugekehrten magnetischen Stäben gebildet. Daß der Stromwechsel immer bei $\frac{1}{24}$ Umdrehung stattfinden, daß also auch der Commutator 24 verschiedene Verbindungsweisen der Drähte bewerkstelligen muß, dieß liegt in der Anzahl der festen Stäbe und der Anzahl der beweglichen Pole, indem in der genannten Weise 24 Combinationen der verschiedenen Polflächen möglich sind. Bei einer kleineren Maschine habe ich 10 feste Stäbe und auf jeder Seite 4 bewegliche Hufeisen angewandt. Hier sind 40 verschiedene Combinationen der Polflächen möglich, der Commutator ist daher auch für 40 Stromabwechselungen eingerichtet. Ich habe jedoch gefunden, daß, namentlich für größere Maschinen, ein Sy-

stem von 8 feststehenden Elektromagneten und 3 beweglichen Hufeisen auf jeder Seite der Maschine das Passendste ist.

Es sind zwei Commutatoren vorhanden; der eine für die feststehenden Stäbe, der andere für die rotirenden; so daß man den Strom auch nur durch die feststehenden Theile leiten kann, während die Hufeisen nicht magnetisirt werden oder ihren Magnetismus nur durch Vertheilung von den festen Polflächen erhalten; die Maschine geht dann ebenfalls, obwohl nur mit halber Kraft. Jeder Commutator besteht aus einer 1 Zoll dicken, und 6 Zoll im Durchmesser haltenden Mahagonischeibe, deren eine Fläche $1\frac{1}{2}$ Zoll breit vom Rande aus mit 24 Stücken Neusilberblech belegt ist, sämmtlich von gleicher Größe, so daß sie den ganzen Umkreis ausfüllen, ohne sich jedoch untereinander zu berühren, indem ein feiner Zwischenraum zwischen je zwei benachbarten Feldern bleibt, der mit Schellack ausgefüllt ist. An jedes dieser Bleche ist seitwärts eine Drahtklemme angelöthet, um die einzelnen Felder untereinander und mit den Drahtenden der Spiralen, welche die Elektromagnete umgeben, zu verbinden. Die Commutatorscheibe für die festen Elektromagnete befindet sich auf einer Seite der Maschine zwischen dem Axenlager und dem letzten Hufeisen und ist auf einem Stativ befestigt. Die Scheibe hat in der Mitte ein Loch, um die Axe frei durchgehen zu lassen; die Ebene der Scheibe steht genau senkrecht auf der Axe der Maschine; die Scheibe ist jedoch so auf dem Stativ befestigt, daß sie mittelst einer Handhabe *in ihrer Ebene* gedreht werden kann.

Aus der oben beschriebenen Anordnung der Maschine ist ersichtlich, daß, da immer die beiden einander diametral gegenüberstehenden festen Stäbe allein magnetisirt werden, dann die beiden zunächst stehenden u. s. f., nach 4 Stromabwechslungen immer wieder dieselben Stäbe magnetisirt werden müssen, und also nach jeder $\frac{1}{6}$ Umdrehung der Maschine die Reihenfolge der Magnetisirungen, was die festen Stäbe allein betrifft, sich in derselben Weise wie-

derholt. Wenn also jedes Feld des Commutators durch Drähte mit dem nächsten fünften Felde und mit dem einen Drahtende des entsprechenden Magnetstabes verbunden ist, so wird eine auf die Commutatorscheibe schleifende Metallfeder den Strom den betreffenden Umwindungen immer in der erforderlichen Reihelfolge zuleiten. Denken wir uns die 24 Felder des Commutators numerirt von 1 bis 24, so werden immer die Felder 1, 5, 9, 13, 17, 21 untereinander und mit den ungleichnamigen Drahtenden der Umwindungen der Stäbe 1 und 5, ebenso die Commutatorfelder 2, 6, 10, 14, 18, 22 untereinander und mit den Drahtenden der Stäbe 2 und 6, ferner die Felder 3, 7, 11, 15, 19, 23 untereinander und mit den ungleichnamigen Drahtenden von 3 und 7, endlich noch die Felder 4, 8, 12, 16, 20, 24 miteinander und mit den Drahtenden der Stäbe 4 und 8 verknüpft; diese Drahtverbindung geschieht mittelst in die an jedem Felde befindliche Drahtklemme eingeschraubter Kupferdrähte. Die Drahtenden je zwei einander diametral gegenüberstehender Stäbe, welche mit derselben Klasse von Commutatorfeldern verbunden werden, müssen immer ungleichnamig seyn, damit die beiden einander gegenüberstehenden Polflächen, wie z. B. 1 und 5 zu derselben Zeit entgegengesetzte magnetische Polarität erhalten, da sie beide auf die Pole ein und desselben Hufeisens I wirken; ferner sind auch die Drahtenden zweier *nebeneinander* liegender Eisenstäbe, wie 1 und 2, welche zum Commutator gehen, so gewählt, daß sie ebenfalls ungleichnamig sind, d. h. wenn z. B. das von 1 zum Commutator gehende Drahtende das rechtsgewundene Ende der Spirale ist, so sind entsprechenden Drahtenden der Stäbe 2 und 8 die linksgewundenen Enden der Umwindungen dieser Stäbe. Diese letzte Bedingung ist gleichgültig, so lange nur die feststehenden Elektromagnete allein erregt werden; sie wird aber nothwendig, wenn zugleich die Magnetisirung der Hufeisen durch den Strom erfolgt, damit alsdann die einander sich nähernden Polflächen der festen und beweglichen Theile immer entgegengesetzte Polarität annehmen.

Die Enden der Umwindung der feststehenden Elektromagnete, welche *nicht* zu dem Commutator gehen, sind sämtlich mit einander und mit einem Pole der Batterie fest verbunden; von dem anderen Pole geht eine Drahtleitung in das Axenlager und so in die Axe der Maschine selbst. Auf dieser Axe ist unmittelbar vor der Commutatorscheibe ein metallner Federhalter festgeschraubt; von diesem aus leitet eine starke silberne Feder den Strom in die Felder des Commutators und bringt so mit der Drehung der Axe selbst den successiven Stromwechsel hervor. Die Feder drückt fest gegen das Metall des Commutators, so daß die Leitung zwischen den trocknen Metallen immer vollkommen und ohne Unterbrechung geschieht, ohne Anwendung von Oel oder Amalgam. Es ist hier zugleich die im 87. Bande d. Ann. S. 523 beschriebene Vorrichtung angebracht, mittelst welcher der Unterbrechungsfunke, welcher sonst bei jeder Umdrehung der Maschine 24 mal auftreten würde, fast vollständig vermieden ist, und zugleich nach jeder Stromunterbrechung der Endgegenstrom hervorgehoben wird, welcher die Kraft der Maschine verstärkt und eine große Gleichmäßigkeit in ihrer Bewegung hervorbringt; auf diese Weise ist das Metall des Commutators vor jeder Verbrennung durch den Unterbrechungsfunken gesichert.

Die Commutatorscheibe für die beweglichen Elektromagnete ist im Wesentlichen der eben beschriebenen gleich; sie befindet sich an dem andern Ende der Maschine zwischen dem Axenlager und den Hufeisen; diese ist jedoch auf der Axe der Maschine selbst unbeweglich befestigt und dreht sich mit dieser, wobei sie jedoch immer in derselben Ebene senkrecht auf der Axe bleibt. Es ist diese Bewegung des Commutators mit der Axe nothwendig, weil sonst ja die Drahtenden der sich ebenfalls bewegenden Elektromagnete nicht fest mit den Feldern des Commutators verbunden werden könnten. Die beiden Federn hingegen, welche von den Polen der Batterie den Strom in die Commutatorfelder leiten, sind auf einem feststehenden Stativ

befindlich und können mittelst einer Handhabe in einer Ebene senkrecht auf der Axe der Maschine gedreht werden, ganz wie dies oben mit der Commutatorscheibe selbst der Fall war, während dort die zuleitende Feder auf der Axe befestigt war. Die beiden Federn, welche die Stromschliessung bewirken, schleifen immer auf zwei einander diametral gegenüberstehende Felder des Commutators, welche letztere wiederum mit den Umwindungen der beweglichen Elektromagnete verknüpft sind; sie sind so gestellt, daß beide immer in demselben Zeitpunkte das entsprechende Commutatorfeld verlassen und mit dem nächsten in Berührung kommen, damit durchaus keine Unterbrechung in der Wirkung des Stromes stattfinden kann. Die Verbindungen der 24 Commutatorfelder untereinander und mit den Spiralen der rotirenden Elektromagnete sind jedoch hier weit complicirter als bei dem ersten Commutator. Es ist nämlich klar, daß, da nur drei Hufeisen auf jeder Seite der Maschine vorhanden sind, jedes derselben schon nach der dritten Stromabwechslung wieder erregt wird, daß jedoch derselbe Pol nicht wie bei den feststehenden Eisen immer dieselbe Polarität erhalten darf bei jeder Erregung, sondern daß bei jeder folgenden Erregung entweder dieselbe oder die entgegengesetzte Polarität eintreten muß, je nachdem die unveränderliche Polarität der feststehenden Elektromagnete beschaffen ist. Im Allgemeinen wird jeder der beweglichen Magnetpole während einer Umdrehung der Maschine 8mal erregt, in 4 Erregungen erhält derselbe aber immer die entgegengesetzte Polarität als in den 4 anderen; es müssen daher immer je 4 Felder des Commutators untereinander und mit einem Drahtende der Umwindung eines der beweglichen Elektromagnete verbunden werden, und die Herstellung dieser Verbindungen erfordert große Sorgfalt, damit nie gleichnamig polarisirte Magnetpole einander gegenübertreten. An diesem zweiten Commutator ist ebenfalls die erwähnte Vorrichtung zur Verminderung des Unterbrechungsfunkens angebracht. Sind alle diese Verbindungen der Commutatorfelder unterein-

ander und mit den Polen der Batterie geschehen, so bedarf es nur, um die Maschine in Bewegung zu setzen, einer genauen Einstellung des ersten Commutators und der Federn des zweiten mittelst der Handhaben, damit die Magnetisirung der betreffenden Elektromagnete genau in denjenigen Zeitpunkten erfolgt, in welchen die gegenseitige Entfernung ihrer Pole ihrer Anziehung günstig ist. Die folgenden Stromunterbrechungen werden dann sämmtlich durch den Mechanismus der Maschine selbst auf das Pünktlichste besorgt. Eine geringe Drehung des ersten Commutators und der Federn des zweiten in ihrer Ebene mittelst der Handhaben gestattet es, den Gang der Maschine schneller oder langsamer zu machen, indem dadurch die Erregung der betreffenden Polflächen in Zeitpunkten eintritt, in welchen ihre gegenseitige Lage für ihre Anziehung mehr oder wenig günstig ist; durch eine noch gröfsere Verstellung beider um einen gewissen Winkel hat man es in der Gewalt *während der Bewegung der Maschine* und ohne Unterbrechung des Stromes den Gang derselben plötzlich rückläufig zu machen, indem alsdann die Stromabwechslungen in ihrem Verhalten zu der gleichzeitigen Stellung der erregten Magnetpole sämmtlich genau in der umgekehrten Ordnung erfolgen wie vorher.

Damit die Wirkung der Maschine regelmäfsig und möglichst kräftig sey, müssen die Polflächen der festen und beweglichen Elektromagnete genau in derselben, miteinander vollkommen parallelen und auf der Axe der Maschine senkrechten Ebenen liegen; ferner mufs die Vertheilung dieser Polflächen in den genannten Ebenen eine durchaus regelmäfsige und aequidistante seyn, so dafs die Verbindungslinie zweier einander diametral gegenüberstehenden Polflächen immer durch die Mitte der Axe der Maschine geht. Ueberhaupt aber mufs in der Ausführung und Befestigung aller Theile die gröfste Symmetrie herrschen; wenn eine der genannten Bedingungen fehlt, erleidet die Wirkung der Maschine eine bedeutende Verminderung.

Die beschriebene Maschine habe ich schon seit zwei
Jah-

Jahren im Gebrauche; sie bewegt sich selbst bei sehr langsamen Gänge, so daß eine Umdrehung in 5 bis 6 Sekunden geschieht, mit vollkommener Gleichmäßigkeit, indem es keine sogenannten todten Punkte in derselben giebt. Zu dieser Regelmäßigkeit der Bewegung trägt namentlich das Auftreten der durch die eigenthümliche Art der Stromunterbrechung hervorgerufenen Endgegenströme in den Spiralen bei, indem man nur selten einen Unterbrechungsfunken an den Commutatoren bemerkt.

Die ganze Maschine wiegt nahe an 200 Pfund; der rotirende Theil derselben mit der Axe wiegt 60 Pfund und macht bei Anwendung eines einzelnen Zink-Eisen Elementes mit $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Zinkoberfläche gegen 40 Umdrehungen in der Minute. Bei einer mittleren Umdrehungsgeschwindigkeit wie diese wird ungefähr $\frac{1}{3}$ der ganzen Kraft, welche durch die chemische Action der Batterie frei wird, in mechanische Arbeit verwandelt, wenn man die chemische Kraft aus der Wärmewirkung, auf mechanische Einheiten reducirt, berechnet, welche die während der Bewegung consumirte Zinkmenge entwickeln würde, indem sie allein zur Erwärmung der Schließung in einer Salpetersäurebatterie verwandt wurde; die übrigen $\frac{2}{3}$ gehen bei der Bewegung der Maschine durch die Erwärmung der Schließungsdrähte verloren.

Dresden im Februar 1854.

IV. *Ueber die Cauchy'schen Näherungsformeln für Metallreflexion; von Beer in Bonn.*

Die Andeutungen, welche Cauchy über die Begründung seiner auf die Metallreflexion bezüglichen Formeln gegeben hat, sind äußerst spärlich. Es erscheint deshalb misslich, ohne auf die allgemeine Mechanik der Aetherbewe-