VII. *Versuche über die Quermagnetisirung dünner Stahllamellen; von Wilhelm Donle.*

(Aus dem physikalischen Institut der Universität München.)

Behufs Ausführung eines anderen Versuches wollte ich mir einen möglichst leichten Magnetspiegel herstellen, in welchem die magnetischen Axen senkrecht zur grössten Flächenausdehnung gelagert sein sollten. Aus Uhrfederstahl von etwa 0,25 mm Dicke geschnittene quadratische Lamellen von 15—20 mm Seitenlänge wurden deshalb zwischen die rechteckigen Polschuhe eines kräftigen Ruhmkorff'schen Electromagneten so gebracht, dass bei der Magnetisirung die Mehrzahl der zwischen den Polschuhen verlaufenden Kraftlinien senkrecht zur Fläche der Lamelle, also in Richtung ihrer Dickenausdehnung, durch die Stahlplatte hindurch-
treten mussten. [Nebenstehende Figur gibt einen wohl ohne weiteres verständlichen Grundriss der Anordnung.]

Es unterlag bei der Stärke der verwendeten magnetisirenden Kräfte keinem Zweifel, dass während der Magnetisirung die Axen der Molecularmagnete, abgesehen von der wohl etwas abweichenden Richtung an den Rändern, wirklich senkrecht zu den Flächen der Stahlscheiben gerichtet waren. Da die Flächen der Lamelle fast ihrer gesamten Ausdehnung nach rein nord-, resp. südpolar hätten sein müssen, so war zu erwarten, dass die Platte bei Aufhängung an einem Coconfaden sich mit ihren Endflächen senkrecht zum magnetischen Meridian einstellte. Da diese Erwartung in keinem Falle bestätigt wurde, sondern die Lamellen sich vielmehr sehr energisch mit ihren Flächen parallel der magnetischen Meridianebene einstellten, so veranlasste mich dieses merkwürdige Verhalten zu weiterem experimentellen Studium, um so mehr, als ich diese Erscheinung, ausser nach langem Suchen bei Faraday¹⁾, nirgends erwähnt fand. Dieser sagt nämlich: „Versuche, Magnete herzustellen, die einem Schraubendraht oder einer flachen Spirale ähnlich waren,

1) Faraday, Exp. Unters, deutsch von Kalischer, 2. p. 131.

blieben erfolglos,“ und weiter unten: „Alle Versuche, eine kreisförmige Stahlscheibe so zu magnetisiren, dass sie den einen Pol im Mittelpunkt der einen Seite und den anderen im Mittelpunkte der Gegenseite habe, um so die flache Spirale nachzuahmen, schlugen fehl; ich erreichte nichts weiter, als eine unregelmässige Vertheilung des Magnetismus.“

Bei allen übrigen Versuchen über die Abhängigkeit der Magnetisirung von der Form der Magnete¹⁾ kamen Stahlstäbe von beträchtlichen Längsdimensionen im Vergleich mit den Querschnittsdimensionen zur Verwendung, und wirkte die magnetisirende Kraft stets in der Richtung der Längsdimensionen ein. Dies gilt auch für die Versuche von Lamont²⁾ über die Magnetisirung von dünnen Lamellen, sowie von denen Jamin's.³⁾ Ebenso war bei Duter's⁴⁾ Untersuchungen über die magnetische Vertheilung auf kreisförmigen und elliptischen Stahlplatten die magnetisirende Kraft parallel der grössten Längenausdehnung gerichtet.

Die unter dem Namen „Transversalmagnetismus“ bekannte Erscheinung⁵⁾, bei welcher unter Einwirkung eines starken electrischen Stromes die Axen der magnetischen Molecüle senkrecht zur Stromrichtung gerichtet werden, deckt sich nicht mit der von mir angewandten Art der Magnetisirung. Ebensowenig sind die von Lamont⁶⁾ unter dem gleichen Namen aufgeführten Erscheinungen in dünnen Stahlplatten hierher zu zählen, da in diesem Falle magnetisirende Kräfte von verschiedener Richtung nacheinander zur Wirksamkeit gebracht werden, z. B. in Richtung der Diagonalen der Lamelle.

Um eine Verwechselung mit diesen Erscheinungen zu vermeiden, habe ich daher für die von mir versuchte Magnetisirung den Namen „Quermagnetisirung“ gewählt.

1) Bezüglich der ausgedehnten Literatur über diesen Gegenstand darf wohl auf das erschöpfende Werk: G. Wiedemann, Die Lehre von der Electricität 3, verwiesen werden.

2) Lamont, Handbuch des Magnetismus p. 121.

3) Jamin, Journ. de phys. 5. p. 73. 1876.

4) E. Duter, Beibl. 1. p. 195. 1877.

5) G. Wiedemann, Lehre v. d. Electricität 3. p. 614. 627 und insbesondere p. 456 ff.

6) Lamont, Handbuch des Magnetismus p. 348.

Es braucht wohl nicht näher auseinandergesetzt werden, dass die Magnetisirung der dünnen Stahlscheiben mit allen nur erdenklichen Vorsichtsmaassregeln ausgeführt wurde. Insbesondere wurde bei Entfernung der Polschuhe darauf geachtet, dass dies stets in einer zur Fläche der Lamelle senkrechten Richtung geschah, um Aenderungen in der magnetischen Vertheilung zu vermeiden. Um alle secundären Einflüsse möglichst zu verringern, benützte ich schliesslich zur Magnetisirung zwei dicke Stromspulen von je 7950 bis 8000 qcm Windungsfläche. Jede Spule war von einem ohne Umspinnung 1,4 mm dicken Kupferdraht in 25 Lagen nebeneinander und 12 Lagen übereinander gewickelt. Der innere Durchmesser war 30 mm, der äussere 72 mm. Die Spulen wurden theils ohne, theils mit einem Kern von etwa 1 mm dicken weichen Eisendrahten verwendet. Die kreisförmigen Endflächen der Eisendrahtbündel hatten ca. 25 mm Durchmesser. Ausserdem wurden bei der Magnetisirung mit den Drahtbündeln in den Spulen die Stahllamellen zwischen zwei cylindrische Kerne von weichem Eisen von 25 mm Länge und 22 mm Durchmesser der Grundflächen gebracht und alles auf einem, entsprechend mit Falzleisten versehenen Brett so angeordnet, dass die Spulen nach Unterbrechung des Stromes in einer zur Lamellenfläche senkrechten Richtung leicht genügend weit entfernt werden konnten.

Zur Magnetisirung wurde der Strom einer Dynamomaschine benützt; die Stromstärke betrug 13—15 Amp., so dass bei Anwendung der Spulen ohne Kern sich das electromagnetische Moment zu etwa 20000 — 24000 [$\text{cm}^{3/2} \text{g}^{1/2} \text{sec}^{-1}$] berechnet. Um eine anomale Magnetisirung zu vermeiden, wurde die Stromintensität durch Einschalten von Widerständen allmählich verringert¹⁾ und schliesslich gewartet, bis nach Ausschalten des Treibriemens vom Motor die Dynamomaschine von selbst zur Ruhe kam. Dann erst wurden die Stahlscheiben aus den Spulen oder in der angegebenen Weise zwischen den cylindrischen Eisenkernen herausgenommen.

Vielfache Versuche überzeugten mich, dass die Anwendung der Eisenkerne unter sonst gleichen Umständen ganz dieselbe

1) von Waltenhofen, Pogg. Ann. 120. p. 650. 1863, auch G. Wiedemann, Lehre von der Electricität 4. p. 273.

magnetische Vertheilung lieferte, wie bei Magnetisirung durch die Spulen allein; nur waren selbstverständlich die erhaltenen Magnete im letzteren Falle beträchtlich schwächer. Ein Blick auf die Figuren 2 und 3, welche bei Anwendung der Spulen ohne Kern erhalten wurden, zeigt dies sofort; die Anhäufung der Eisenfeilspähne ist eine beträchtlich geringere.

Die zahlreichen untersuchten Stahlscheiben waren theils quadratisch von 10 — 20 mm Seitenlänge, theils rechteckig von verschiedenen Längs- und Breitendimensionen, theils kreisförmig. Dieselben wurden entweder aus breiten Uhrfedern von 0,25 — 0,3 mm Dicke oder aus Stahlblech von 0,35 mm Dicke ausgeschnitten und theils unmittelbar zur Magnetisirung verwendet — der Stahl war etwas angelassen und zeigte die blaue Anlauffarbe — oder zuvor gehärtet.

Da Intensitätsmessungen an verschiedenen Punkten wegen der Kleinheit der Scheiben nicht leicht ausführbar waren und es mir überhaupt nur darauf ankam, ein Bild über die Vertheilung des Magnetismus zu gewinnen, so wurden die Scheiben zunächst längs verschiedener Durchmesser an einem Coconfaden in einem Gehäuse aufgehängt, und dadurch ihre Stellung zum magnetischen Meridian festgestellt. Sodann wurden dieselben unter Zwischenschaltung eines dünnen Papierblattes mit Eisenfeilen bestreut und die durch die Anordnung der Eisentheilchen als Pole gekennzeichneten Stellen mittelst einer sehr kleinen Magnetenadel (4 mm Länge) auf die Art ihrer Magnetisirung untersucht. Behufs Fixirung einer Reihe besonders charakteristischer Polfiguren habe ich mit bestem Erfolg die Eisenfeile direct auf lichtempfindliches Papier (Obernetterpapier) aufgestreut und dieses bis zur Schwärzung der nichtbestreuten Theile belichtet.¹⁾ Die so erhaltenen Bilder, welche die magnetischen Curven hell auf dunklem Grunde zeigen, wurden dann auf die gewöhnliche Weise vergoldet und fixirt.²⁾

1) Diese Art der Fixirung magnetischer Bilder ist bei schwacher Magnetisirung jedenfalls den zahlreichen übrigen Fixirungsmethoden durch Besprühen mit Lösungen etc. vorzuziehen; cf. Müller-Pouillet, Lehrbuch 3. p. 90. 9. Aufl. u. Beibl. 14 p. 303. 1890.

2) Die im Text gegebenen Figuren sind von den Originalen in verkleinertem Maassstabe [$\frac{1}{3}$ linear] auf Holz photographirt und dann geschnitten, sie sind also getreue Copieen der Originale.

Als übereinstimmendes Resultat ergab sich für sämtliche mit quadratischen und rechteckigen Lamellen aus Uhrfederstahl und Stahlblech angestellten Versuche, dass die beabsichtigte Quermagnetisirung nicht ausführbar ist.

Die Lamellen stellten sich alle mit ihrer Fläche, je nach der Art der Aufhängung mehr oder weniger energisch, in die Ebene des magnetischen Meridians ein und waren so nach Längsmagnete und nicht, wie die Versuchsanordnung beim Magnetisiren erwarten liess, Quermagnete geworden. Die Vertheilung des Magnetismus war jedoch, mit Ausnahme der aus Stahlblech gewonnenen Scheiben, ziemlich unregelmässig. Doch waren an mindestens zwei Ecken ausgesprochene Polfiguren erkenntlich (Fig. 1), wenn auch von etwas ver-

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

schiedener Ausdehnung; die übrigen Pole sind dagegen durchweg ungleichartig gestaltet und gelagert. Eine Gleichartigkeit der magnetischen Vertheilung in Abhängigkeit von der Zugrichtung der verwendeten Uhrfedern liess sich nicht mit Sicherheit erkennen. Ausgezeichnet regelmässige Resultate lieferten dagegen alle aus dem erwähnten Stahlblech gewonnenen Scheiben und *die resultirende magnetische Vertheilung lieferte ein Bild, wie wenn die magnetisirende Kraft bei den quadratischen Lamellen in Richtung einer Diagonale, bei den rechteckigen in Richtung der längeren Kante eingewirkt hätte.* Die Figuren 2 und 3, welche überdies, wie schon erwähnt, ohne Anwendung eines Eisenkerns in den Stromspulen erhalten wurden, zeigen dies auf das deutlichste. Die Verwendung von Eisenkernen lieferte bezüglich der Vertheilung das gleiche Resultat, nur waren die erhaltenen Magnete viel kräftiger; von einer Beigabe weiterer Figuren wurde daher, wegen der noch folgenden Versuche, Abstand genommen. Gleichzeitig beweisen die Figuren 1—3, *dass Ungleichheiten in der Structur auf die schliessliche Vertheilung des Magnetismus*

einen sehr bedeutenden Einfluss ausüben und dass in dem verwendeten Stahlblech jedenfalls ein Material von ausgezeichneter Gleichartigkeit vorlag. Als Beweis hierfür möge noch angefügt werden, dass gehärtete Scheiben (Glühen bis zur hellen Rotgluth und Ablöschen in kaltem Wasser) vom gleichen Stahlblech durchweg ähnliche Unregelmässigkeiten wie Fig. 1 aufwiesen. Berücksichtigt man, dass bei einem solchen Härtingsverfahren nie alle Theile der Scheibe gleichzeitig und gleich stark abgekühlt werden, so ist das mit den gehärteten Scheiben erhaltene Resultat ohne weiteres verständlich.

Ziemlich regelmässige Resultate lieferten auch mehrere 0,1—0,2 mm dicke quadratische Platten von galvanischem Eisen, welche nach v. Beetz¹⁾ einen sehr bedeutenden remanenten Magnetismus behalten; doch waren wohl hier Umlagerungen in der Vertheilung beim Entfernen der Lamellen aus dem Magnetfeld zwischen den Schenkeln eines Hufeisenmagnets nicht völlig ausgeschlossen. Merkwürdig ist noch das folgende Resultat: Aus 80 quadratischen Lamellen von 10 mm Seite und 0,25 mm Dicke wurde durch Aufeinander-schichten und Einsetzen in eine passende Holzrinne eine Säule von dem angegebenen Querschnitt und etwa 25 mm Länge aufgebaut und dieselbe sodann ihrer Längsrichtung nach, also senkrecht zu den quadratischen Flächen der einzelnen Lamellen, wie sonst magnetisirt. Die Bestreuung mit Eisenfeile ergab auf allen Seitenflächen, sowie an beiden quadratischen Endflächen eine vollkommen regelmässige Magnetisirung, wie bei einem massiven parallelepipedischen Stabmagnet. Nach und nach wurden dann die Lamellen in einer zu ihren Flächen senkrechten Richtung entfernt und einzelne beliebige, sowie der Rest der Säule besonders untersucht. Die abgehobenen Lamellen zeigten alle eine magnetische Vertheilung ähnlich, wie die in Fig. 1 abgebildete; keine einzige zeigte die entgegengesetzten Pole in den quadratischen Flächen. Für die durch Abheben von Lamellen immer kürzer gemachte Säule traten Unregelmässigkeiten in der magnetischen Vertheilung ein, sobald die Säule nur mehr etwa 5 mm hoch war.

1) v. Beetz, Pogg. Ann. 152. p. 484. 1874.

Vorstehenden Ergebnissen gegenüber ist der Einwand möglich, dass die bei allen diesen Lamellen auftretende aussergewöhnliche Anordnung der Pole lediglich dadurch hervorgerufen sein konnte, dass infolge ihrer Herstellung durch Walzen eine bestimmte, den grossen Flächen parallele Anordnung der magnetischen Molecüle von vornherein begünstigt war, um so mehr, als die Structur der verwendeten Stahlsorte einen beträchtlichen Einfluss auf die schliessliche Anordnung der Pole erkennen liess. Ich verschaffte mir daher eine Anzahl von Scheiben verschiedener Dicke, welche von runden Stahlstangen abgedreht waren. Ueibt die Zugrichtung beim Stahl überhaupt einen Einfluss in dem ange deuteten Sinne aus, so konnte dieselbe bei derartig hergestellten Scheiben nur das Auftreten der gewünschten Quermagnetisirung begünstigen. Um auch noch den Einfluss der Dicke verfolgen zu können, wurden Stahlcylinder (Durchmesser der Grundflächen 22 mm) von bezw. 1, 3, 5, 10, 15 und 20 mm Achsenlänge (Höhe) untersucht und zwar bestand eine Serie aus Bessemerstahl, die andere aus gutem Werkzeugstahl. Ersterer ist ziemlich weich und hat feines Korn, der Werkzeugstahl ist dagegen sehr hart und hat grobes Korn. Sämmtliche Stücke waren sorgfältig gehärtet worden. Schliesslich verdanke ich der Güte des Hrn. Dr. M. Th. Edelm ann in München eine Serie von bezw. 1, 3, 5, 10 mm dicken Stahlcylindern von gleichem Durchmesser der Grundflächen wie die vorerwähnten und ebenfalls von einer runden Stange herrührend. Dieselben waren aus bestem Manganstahl, wie solcher in Hrn. Dr. Edelmann's physikalisch-mechanischer Werkstätte für magnetische Zwecke zur Verwendung kommt. Es möge daher gestattet sein, genanntem Herrn auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

Es wird wohl hier genügen, von den zahlreich angefertigten magnetischen Figuren einige besonders charakteristische herauszugreifen und in der Figurentafel zusammenzustellen.

Dass alle dickeren Stahlcylinder, deren Höhe 10 mm und mehr betrug, eine vollständig regelmässige Magnetisirung in der Richtung der Axe angenommen hatten, zeigt z. B.

die Polfigur No. 4 für den 10 mm langen Cylinder aus Manganstahl. Dieselbe unterscheidet sich in keiner Weise von der Polfigur eines gewöhnlichen runden Stabmagnets; demgemäss stellte sich auch die Axe des Cylinders in den magnetischen Meridian ein. Ferner bewies das Verhalten einer kleinen, längs einer Mantellinie hingeführten Magnetnadel, sowie das durch Bestreuen mit Eisenfeile für eine Mantellinie erhaltene Bild mit Sicherheit, dass die Cylinder von 10 mm Axenlänge und darüber durchaus regelmässig längs der Axe zur einen Hälfte nord-, zur andern südpolar magnetisirt waren und dass die Mitte der Indifferenzzone dem mittleren Querschnitt entsprach. Es beweist dies zugleich noch, dass sicherlich auch bei den Cylindern von geringerer Höhe die Axen der Molecularmagnete während der Magnetisirung senkrecht zu den Grundflächen gerichtet waren, um so mehr, als die richtende Kraft wegen der grösseren Annäherung der entgegengesetzten Pole der Electromagnete mit Abnahme der Höhe der Cylinder beträchtlich zunehmen musste.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Bei den 5 mm hohen Cylindern ist dagegen die resultirende magnetische Axe schon mehr oder weniger gegen die Cylinderaxe geneigt, sodass letztere schon ziemlich beträchtliche Winkel (bis etwa 30°) mit der Richtung des magnetischen Meridians bildet. In der That zeigt auch die Bestreuung mit Feilspähnen auf beiden Endflächen eine deutliche Verschiebung der magnetischen Pole an; Fig. 5 und 6 geben die Bilder für den 5 mm hohen Cylinder aus Bessemerstahl. In Fig. 5 ist die grössere Polfläche süd-, die kleinere nordmagnetisch, in Fig. 6 ist dieses Verhältniss gerade umgekehrt, auch ist die magnetische Vertheilung nicht so regelmässig wie auf der andern Seite. Man erkennt hieraus unmittelbar, dass bei solcher Anordnung der Polaritäten die Mehrzahl der magnetischen Molecülaxen gegen die Cylinder-

axen beträchtlich geneigt sein müssen. Bei den zwei anderen Stahlsorten ist die Verschiebung der Polflächen im wesentlichen analog, jedoch weniger stark, am geringsten bei Man-gan-stahl.

Bei den nur 3 mm hohen Scheiben bilden die Axen der Molecularmagnete nur mehr kleine Winkel mit den Basisflächen, wie die Figuren 7 und 8 deutlich zeigen, welche bei Bessemerstahl erhalten wurden. Dieselben geben das magnetische Bild von Grund- und Deckfläche der Scheibe, und zwar ist in beiden Bildern der dreieckige Pol Südpol, der halbmondförmige Nordpol. Die Bilder von Grund- und Deckfläche unterscheiden sich bei allen 3 mm dicken Scheiben nur durch die verschiedene Ausdehnung der Polflächen. Dass sich diese Scheiben schon nahezu vollständig wie solche verhalten müssen, welche in Richtung eines Durchmessers magnetisirt wurden, ist ohne weiteres klar.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Das Gleiche gilt für die 1 mm dicken Scheiben. Die magnetischen Figuren sind durchweg ähnlich gestaltet, wie die in Fig. 7 und 8 dargestellten, mit dem einzigen Unterschied, dass die die kreisförmigen Endflächen durchsetzenden indifferenten Zonen etwas weniger gekrümmt verlaufen und sonach eine gleichmässige Theilung der Scheiben in eine nord- und süd-magnetische Hälfte erkennen lassen.

Besonders regelmässig wird diese Theilung bei noch dünneren Kreisscheiben. Die Figuren 9 und 10 zeigen das Resultat der Quermagnetisirung zweier Kreisscheiben von bezw. 25 und 18 mm Durchmesser, welche aus dem erwähnten Stahlblech von 0,35 mm Dicke ausgeschnitten waren. Man muss zugeben, dass diese beiden Figuren eine Vertheilung des Magnetismus aufweisen, wie sie auch bei einer Magnetisirung in der Richtung eines Durchmessers der Scheiben auftritt, wovon ich mich direkt durch Versuche

überzeugt habe. Auch Uhrfederstahl gab in manchen Fällen befriedigende Resultate, doch gilt auch hier wieder, was schon oben bei Besprechung der Ergebnisse an viereckigen Scheiben bezüglich der Regelmässigkeit der Magnetisirung erwähnt wurde.

Auch aus verschiedenen hohen Stahlcylindern wurden, ähnlich wie oben bei den quadratischen Scheiben, durch Aufeinanderschichten wiederholt längere runde Stahlstäbe zusammengesetzt und diese im Ganzen, sowie die sorgfältig in der Richtung der Axe abgehobenen Theile einzeln mittelst Bestreuen durch Eisenfeile untersucht. Dabei war zunächst durch mehrfaches Ummagnetisiren der zusammengesetzten Stäbe dafür gesorgt worden, dass die ursprünglich den einzelnen Stücken mitgetheilte Magnetisirung vernichtet wurde. Es zeigte sich auch jetzt in Uebereinstimmung mit dem früheren eine Verschiebung der magnetischen Vertheilung: Cylinder von 10 mm Länge und darüber waren stets regelmässig längs der Axe magnetisirt, dagegen sind geringe Verschiebungen der Pole und Unregelmässigkeiten schon bei 6—7 mm Axenlänge zu erkennen. Die Neigung der resultirenden magnetischen Axe gegen die des Cylinders ergab sich um so grösser, je kleiner die Höhe der Cylinder wurde. Die magnetischen Bilder für die verschiedenen Dicken ergaben sich mit geringen Abweichungen ganz ähnlich wie die typischen Abbildungen der Figurentafel.

Noch sei erwähnt, dass ein Versuch gemacht wurde, den 10 mm langen Cylinder aus Bessemerstahl, der eine vollkommen regelmässige Magnetisirung längs der Axe zeigte, auf eine geringere Dicke mit Säure abzuätzen. Dadurch waren alle äusseren Einflüsse, welche eine Umlagerung der magnetischen Molecüle begünstigen konnten, wie mechanische Bearbeitung, Berührung mit Stahlwerkzeugen etc. vollkommen ausgeschlossen. Leider trat die Abätzung trotz aller Vorsichtsmaassregeln nicht sehr gleichmässig ein, sodass anstatt einer dünneren Kreisscheibe eine Scheibe mit ungefähr elliptischen Endflächen (Axenlängen etwa 15 und 10 mm) und einer zwischen 2 und 3 mm variirenden Dicke erhalten wurde. Diese Scheibe zeigte aber deutlich eine entgegengesetzt polare

Anordnung ungefähr in Richtung des grössten Durchmessers der elliptischen Endflächen.

In Uebereinstimmung mit den früheren Ergebnissen findet sich also auch für Kreisscheiben von geringer Dicke (5 mm und darunter) und entsprechend grossen Endflächen (das 5fache für den Durchmesser derselben wird nach obigen Versuchen wohl nicht zu niedrig gegriffen sein), *dass eine Quermagnetisirung nicht ausführbar ist, dass vielmehr eine permanente magnetische Vertheilung eintritt, welche derjenigen bei Einwirkung einer magnetisirenden Kraft in der Richtung eines Durchmessers um so mehr gleich kommt, je dünner die Scheibe im Verhältniss zu ihren Längsdimensionen ist.* Während also bei sehr dünnen Scheiben die permanenten magnetischen Molecularaxen schliesslich nahezu senkrecht gegen die Richtung der ursprünglichen magnetisirenden Kraft stehen, nimmt mit wachsender Axenlänge des Cylinders die Neigung der letzteren gegen die Axen der permanenten magnetischen Moleküle immer mehr und ziemlich rasch ab, sodass man bei einer Höhe gleich der Hälfte des Durchmessers des Basiskreises schon Längsmagnete hat. Selbstverständlich spielt auch die Structur der angewendeten Stahlsorte eine wichtige Rolle, jedoch wohl vorwiegend in der Hinsicht, dass Folgepunkte auftreten können, welche dann hinsichtlich einer Symmetrieebene der Scheibe nicht mehr analog gelagert sind. Wenn auch die zuletzt angeführten Schlüsse zunächst nur für Cylinder von den weiter oben angegebenen Dimensionen gelten, *so ist es doch in hohem Grade wahrscheinlich, dass eine permanente vollständige Quermagnetisirung bei Stahlscheiben nur dann möglich ist, wenn das Verhältniss der Quer- zu den Längsdimensionen nicht unter eine bestimmte Grösse herabsinkt.* Dieses Grenzverhältniss genauer festzustellen, war leider bei der Schwierigkeit, geeignetes Untersuchungsmaterial zu erhalten, nicht möglich.

München, im Juli 1890.