I. *Ueber die Anziehung der Elektromagnete;*
von M. Jacobi und E. Lenz.

(Mitgetheilt von den HH. Verfassern aus dem *Bullet. scient. der*
Petersburger Academie.)

In dem ersten Theile unserer Abhandlung „Ueber die Gesetze der Elektromagnete“ ¹⁾, haben wir, zur Berechnung unserer Beobachtungen über den Einfluß der Stärke des Stromes auf die Intensität des im Eisen erregten Magnetismus (Art. 7) uns der Formel:

$$x \sin \frac{1}{2} \alpha - \gamma \sin \frac{1}{2} \alpha^2 = K \quad (\text{Art. 10})$$

bedient, wo $\sin \frac{1}{2} \alpha$ proportional dem Magnetismus, K die an der Wage gemessene Stärke der Ströme, und x , γ zwei aus den Beobachtungen sich ergebende Constanten sind. Aus anderen Versuchen hatte es sich ergeben, daß die Annahme einer Proportionalität zwischen der Stärke des Stromes und der Intensität des Magnetismus, durch die nothwendig gewordene Hinzufügung des, sich wie die Quadrate der Ströme verhaltenden Gliedes $\gamma \sin \frac{1}{2} \alpha^2$, nicht erschüttert werden darf, daß vielmehr diese Correction nur der Eigenthümlichkeit der elektromagnetischen Wage zuzuschreiben sey. Ueber die physikalische Natur dieser Correction hatten wir uns mit einiger Zurückhaltung ausgesprochen, und nur im Allgemeinen angedeutet, daß dieselbe sich erklären lasse durch einen temporären Einfluß, welchen die Magnetstäbe von den elektromagnetischen Spiralen erführen, ähnlich dem Einflusse, dem bekanntlich das weiche Eisen unterworfen ist. Die Magnetstäbe befinden sich in einer hierzu sehr günstigen Lage, nämlich in der verlängerten Axe dieser

1) S. den ersten Aufsatz des vorigen Hefts.

Spiralen. — Es ist für den vorliegenden Zweck völlig gleichgültig, ob man annimmt, daß eine solche temporäre Modification in der magnetischen Vertheilung der Magnetstäbe eine neben der sogenannten Coërcitivkraft bestehende Eigenschaft des Stahls sey, oder etwa einer ungleichen Härtung, eingestreuten Partikeln weichen Eisens u. s. w. zuzuschreiben sey. Aber in Bezug auf das Quantitative dieser neuen Erscheinung muß man annehmen, daß sie dem a. a. O. erörterten Gesetze der Proportionalität unterliegt, und das eben so wie für das weiche Eisen anzunehmen sey, daß

die temporäre Modification in der magnetischen Vertheilung, welche Stahlstäbe ¹⁾ durch elektromagnetische Spiralen unter gleichen Umständen erfahren, sich wie die Stärke der Ströme verhalte.

Dieser Satz ist für das magnetische Galvanometer und für die Magnetometrie von Wichtigkeit, und man wird nicht umhin können, bei manchen Untersuchungen auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen. Für jetzt aber führt uns derselbe zu anderen, die Anziehung der Elektromagnete unmittelbar betreffenden Folgerungen.

In der That, nennen wir S die Stärke des Stromes in der Spirale der Wage, M den Magnetismus des Stahlstabes, so wird die abstofsende Kraft dem Producte MS proportional seyn. Die temporäre Modification, welche der Stahlstab von der Spirale erleidet, ist hier, wo Abstofung stattfindet und die gleichnamigen Pole sich gegenüberstehen, dem permanenten Magnetismus entgegengesetzt, und kann durch $-nS$ ausgedrückt werden; wo n von der gegenseitigen Entfernung und anderen Umständen abhängt. Der Magnetismus des Stahlstabes wird also $M - nS$ seyn, und die Abstofung jetzt ausgedrückt werden müssen durch $S(M - nS) = SM - nS^2$, welches genau die Formel ist, welche wir der oben erwähn-

1) Die an der Wage befindlichen Stahlstäbe sind glashart, und scheinen von ihrem Magnetismus bis jetzt nichts verloren zu haben.

ten Berechnung zum Grunde gelegt haben. Denn man hat nur für S den ihm proportionalen Werth $\sin \frac{1}{2} \alpha$, und für M und n die Coëfficienten x und y zu substituiren; K aber war die wirkliche an der Wage gemessene abstofsende Kraft.

Die unmittelbarste, aber practisch höchst wichtige Folgerung, die hieraus hervorginge, wäre, daß die Anziehung der Elektromagnete sich verhielte wie das Product aus den magnetisirenden Strömen, also im Falle dieselben für beide Individuen gleich wären, wie die Quadrate derselben. Das Raisonement, das zu dieser Folgerung führt, ist so einfach, und so sehr in Uebereinstimmung mit dem, was bei verwandten Untersuchungen angenommen und bestätigt worden ist, daß es schiene als wäre ein besonderer Nachweis durch Versuche kaum nothwendig. Der Umstand indessen, daß diese wichtige Beziehung bisher nirgends ausgesprochen war, sondern daß im Gegentheile einige durch Fechner, dal Negro und einen von uns angestellten Versuche für die einfache Proportionalität der Tragkraft und der Ströme zu sprechen scheinen, mußte schon an sich eine starke Aufforderung zu neuen Untersuchungen in dieser Beziehung seyn, wenn wir es uns auch nicht zum Princip gemacht hätten, nur durch wirkliche messende Beobachtungen, so weit sie möglich sind, in unseren Untersuchungen fortzuschreiten, und außer denselben Consequenzen nur mit Vorsicht zuzulassen.

Wir erlauben uns daher in dem gegenwärtigen Aufsatze der Academie einige Versuche vorzulegen, welche das Gesetz bestätigen, daß

die Anziehung zwischen zweien Elektromagneten oder einem Elektromagneten und dem weichen Eisen sich verhält wie die Quadrate der Stärke der magnetisirenden Ströme.

Um nicht erst die Zeit mit der Anfertigung neuer Apparate zu verlieren, wurden diese Versuche mit den

eben vorhandenen Mitteln angestellt, die zwar nicht den letzten Grad von Genauigkeit gewährten, aber doch zur Feststellung des Gesetzes im Allgemeinen genügend erschienen. Deshalb wurden die angewendeten Elektromagnete, die aus geraden Stangen bestanden, lothrecht unter dem Ende eines gewöhnlichen Wagebalkens befestigt, an welchem nach Umständen ein Elektromagnet oder eine Stange weichen Eisens hing, die durch Gewichte am anderen Ende genau aequilibrirt war. Die Enden der den oberen Eisencylinder umgebenden Spirale tauchten bei den Versuchen über die Anziehung zweier Elektromagnete (Tabelle II und III) in Quecksilbergefäße, und der Strom erhielt eine solche Richtung, daß er, beide Spiralen hinter einander durchlaufend, den gegenüberstehenden Polen ungleichnamige Magnetismen ertheilte. Die Anziehungskraft wurde durch Zulegen von Gewichten, bis der Anker abrifs, gemessen, und von dem zuletzt zugelegten Gewichte nur die Hälfte in Rechnung gebracht. Während dieser Operation wurde die Stärke des Stromes an einer, nach Nervander's Angabe construirten Tangentenbussole beobachtet, und wenn der Strom nicht völlig constant war, die unmittelbar vor dem Momente des Abreisens stattfindende Ablenkung notirt. Die Beschreibung dieser Tangentenbussole, die von der früheren Nervander'schen völlig verschieden ist, übergehen wir, weil wir hoffen dürfen, daß dieser ausgezeichnete Gelehrte eine ausführliche Arbeit über dieselbe, die er, wie wir wissen, gemacht hat, nicht länger der Bekanntmachung entziehen werde. Wir wollen nur bemerken, daß das Gesetz derselben, die Stärke der Ströme, wo nach den Tangenten der Ablenkungswinkel proportional ist, zahlreiche und strenge Prüfungen durch Einen von uns glücklich bestanden hat. Ohne die Correctionen zu berücksichtigen, welche von der Excentricität und von anderen Correctionsfehlern herrühren, ergaben die Prüfun-

gen des Instruments bis zu Ablenkungen von 50° bis 60° nur einen wahrscheinlichen Fehler von 4 bis 5 Minuten, eine Genauigkeit, die für unsern gegenwärtigen Zweck völlig hinreichend ist.

Bei den folgenden Versuchen ist die Gewichtseinheit 1 Solotnick oder $\frac{1}{96}$ russ. Pfund, die kleineren Gewichte bestanden aus Schrotkörnern, wovon 592 auf 1 russ. Pfund gingen, die also im Durchschnitt 0,102 Solotn. wogen. Die Stärke der Ströme wurde durch Veränderung der Batterie hervorgebracht, indem mehr oder weniger Plattenpaare genommen wurden.

Erste Beobachtungsreihe.

Der feste Elektromagnet war ein Eisencylinder von 8" Länge und $1\frac{1}{4}$ " Durchmesser. Am Wagebalken war ein Eisencylinder, 2" lang und $1\frac{1}{2}$ " dick, aufgehängt. Bei diesen, wie bei den andern Versuchen, fand keine unmittelbare Berührung der Eisenflächen statt, indem sie durch eine am Ende des unteren Elektromagneten befestigte Holzscheibe getrennt wurden. Die Entfernung der Flächen betrug auf diese Weise etwa $\frac{1}{16}$ Zoll, und man vermied dadurch zum Theil, wenn auch nicht ganz, die Fehler, die von der ungleichen gegenseitigen Lage herrühren können. Zu bemerken ist übrigens, um einigermaßen einen Maassstab zu haben, daß bei unmittelbarer Berührung und einem Strom, der am Galvanometer durch $\tan 18^\circ 50'$ gemessen war, die Anziehungskraft etwa $2\frac{3}{4}$ Pfund betrug. Die Gewichte G sind nach der Formel berechnet $G = 95,06 \tan \alpha^2$, wo der Coëfficient, nach der Methode der kleinsten Quadrate, aus den Beobachtungen gefunden ist.

Tabelle I.

α .	G .	$ G=95,06 \lg^2 \cdot \alpha $	Δ .
50° 48'	159,20	160,2	—1,00
50 35	154,40	153,1	+1,30
42 26	89,10	90,34	—1,21
36 27	57,45	57,51	—0,06
33 8	44,13	33,44	+0,49
28 48	32,45	43,05	—0,60
19 6	13,32	14,03	—0,71
19 4	13,16	13,75	—0,59

Wahrscheinlicher Fehler = 0,61.

Zweite Beobachtungsreihe.

Beide Eisenstangen waren 2" lang, $1\frac{1}{2}$ " dick, und jede war mit 108 Windungen dünnen Drahtes in drei Lagen über einander umgeben; der Strom durchlief beide Spiralen hinter einander.

Tabelle II.

α .	G .	$ G=64,43 \lg^2 \cdot \alpha $	Δ .
14° 42'	4,18 *	4,43	—0,25
17 58	6,49	6,77	—0,28
17 56	7,62	6,75	+0,87
17 50	7,46	6,67	+0,79
24 38	13,0	13,55	—0,55
24 38	12,97	13,55	—0,58
24 34	12,81	13,46	—0,65
25 18	13,81	14,39	—0,58
30 10	21,32	21,76	—0,44
30 2	21,60	21,53	+0,07
30 0	20,97	21,47	—0,50
34 58	32,13	31,51	+0,62
34 42	30,32	30,89	—0,57
34 34	30,00	30,58	—0,58
39 52	44,81	44,93	—0,12
39 38	43,65	44,19	—0,54
34 32	43,49	43,88	—0,39
43 22	57,13	57,48	—0,35
43 42	60,10	58,83	+1,27
44 22	62,30	61,64	+0,66

Wahrscheinlicher Fehler = 0,41.

Bei der vorstehenden Tabelle ist zu bemerken, daß die Versuche nicht ganz in der Ordnung angestellt wurden, wie sie aufgeführt sind, ferner, daß bei den starken Strömen der ganze Draht, und daher auch die Eisenstangen, so beträchtlich erhitzt wurden, daß man auf längere Zeit sie nicht mit der Hand berühren konnte, indem die Temperatur sich auf 60° bis 70° R. belaufen mochte. Da nun aus der Berechnung hervorzugehen scheint, daß die Anziehungskraft noch um ein Geringes stärker ist, als das Verhältniß der Quadrate zuläßt, und dieser Umstand sich vielleicht durch die Temperaturerhöhung des weichen Eisens erklären ließe, welche es befähigt bis auf eine gewisse Gränze hinaus, einen stärkeren temporären Magnetismus anzunehmen, so wurde der erste Versuch, der durch ein Sternchen bezeichnet ist, mit einem schwächeren Strom erst am Ende der Reihe angestellt nachdem das Eisen durch die stärkeren Ströme bereits erhitzt war. Man sieht indessen, daß diese Beobachtung keine auffallende Verschiedenheit darbietet, so daß der Einfluß der Wärme wahrscheinlich noch innerhalb der Beobachtungsgränze liegt. Um Mißverständnisse zu vermeiden, wollen wir hier bemerken, daß, *da die wirkliche Stärke des Stromes gemessen wurde*, der durch Erwärmung des Drahtes vergrößerte Leitungswiderstand derselben von keinem weiteren Einfluß ist.

Dritte und vierte Beobachtungsreihe.

Die beiden mit einer gleichen Anzahl Windungen umgebenen Eisenstangen waren $5\frac{1}{2}$ " lang, $\frac{1}{4}$ " dick. Die Tab. III enthält die Versuche, wo beide Stangen magnetisch waren, die Tab. IV aber diejenigen, wo nur die Spirale der untersten Stange mit der Kette verbunden war, wobei also die am Wagebalken befestigte, als Anker diente. Es war zwar auch eine Einrichtung getroffen worden, um die abstoßende Kraft zu messen, indessen erwies sich dieselbe als ungenügend, so daß diese Versuche für jetzt aufgegeben werden mußten.

Tabelle III.

$\alpha.$	$G.$	$G = 84,03/g^2 \cdot \alpha.$	$\Delta.$
14° 10'	4,81	5,35	—0,54
14 16	4,97	5,43	—0,46
14 22	4,97	5,55	—0,58
26 2	19,16	20,05	—0,89
26 2	19,30	20,05	—0,75
26 12	19,65	20,35	—0,70
32 12	32,75	33,32	—0,57
33 4	35,08	35,62	—0,54
33 38	36,62	37,19	—0,57
35 2	40,97	41,30	—0,33
35 8	40,97	41,61	—0,64
43 52	78,30	77,63	+0,67
43 54	79,94	77,82	+1,12
43 58	77,65	78,18	—0,53
50 6	119,75	120,20	—0,45
50 12	122,05	121,05	+1,00
50 16	121,56	121,62	—0,06

Wahrscheinlicher Fehler = 0,46.

Tabelle IV.

$\alpha.$	$G.$	$G = 20,26/g^2 \cdot \alpha.$	$\Delta.$
15° 52'	1,46	1,64	—0,18
15 54	1,46	1,64	—0,18
16 2	1,46	1,67	—0,21
28 47	5,65	6,11	—0,46
28 52	5,65	6,16	—0,51
29 2	5,81	6,24	—0,43
37 36	11,32	12,01	—0,69
37 42	11,49	12,10	—0,61
37 50	11,49	12,22	—0,73
46 32	21,32	22,55	—1,23
46 37	21,16	22,68	—1,52
46 42	21,65	22,81	—1,16
52 28	32,97	34,32	—1,35
52 32	33,32	34,49	—1,17
52 44	33,81	34,99	—1,18
55 10	42,30	41,83	+0,47
55 17	42,62	42,20	+0,42
55 30	42,97	42,89	+0,08

$\alpha.$	$G.$	$ G=20,26 \lg^2 \alpha $	$\Delta.$
58° 32'	53,27	54,08	-0,81
58 46	55,30	55,08	+0,22
59 10	57,32	56,85	+0,47
60 4	62,62	61,10	+1,52
60 30	63,49	63,28	+0,21
60 58	67,46	65,75	+1,71

Wahrscheinlicher Fehler = 0,6.

Bei allen diesen Versuchsreihen hält sich der wahrscheinliche Fehler innerhalb solcher Gränzen, welche die annehmbare Gröfse der Beobachtungsfehler nicht überschreiten, indem hierbei mannigfaltige zufällige Fehlerquellen stattfinden, die sich der Berechnung gänzlich entziehen. Besser noch aber spricht dafür der Umstand, dafs man ein *regelmäßiges* Wachsthum der Fehler nach einer oder der andern Seite durchaus nicht wahrnehmen kann, wenn auch in den letzten Beobachtungen mit den stärkeren Strömen ein Hinneigen zu positiveren Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen nicht ganz zu verkennen ist, ein Hinneigen, welches auf ein etwas stärkeres Steigen der Anziehung, als nach den Quadraten der Ströme hinweist.

Es ist also durch unsere Versuche entschieden, dafs *die Anziehung zweier geradlinigen Elektromagnete oder eines Elektromagneten und Ankers sich wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme verhalten*, wobei wir wenigstens vorläufig noch die Beschränkung wollen gelten lassen, dafs beide sich nicht unmittelbar berühren, sondern um etwa eine Linie von einander abstehen müssen. Dieses war aber der Fall bei unseren früheren Versuchen mit der elektrischen Wage, welche eine den Quadraten der Ströme proportionale Correction nothwendig machten, *die hierdurch gerechtfertigt ist*. Auch für die elektromagnetischen Maschinen gelten dieselben Umstände, da auch hier die Elektromagneten in einiger Entfernung vor einander vorbeigehen. Man übersieht,

von wie hoher Bedeutung hier das nachgewiesene Gesetz wird.

Es ist interessant, die Anziehungskraft zweier Elektromagnete von gleicher Stärke mit der zu vergleichen, welche stattfindet, wenn nur das eine Individuum elektromagnetisch ist, das andere also wie weiches Eisen agirt, und nur durch Vertheilung Magnetismus annimmt. Hierzu können uns die Versuche Tab. III und IV dienen, wo in IV das eine Eisen nicht magnetisirt ward, in III aber beide Eisen gleich stark magnetisch sind. Wir erhielten nämlich

aus der Reihe III die Anziehung $G = 84,05 \cdot \tan \alpha$

- - - IV - - - $G = 20,26 \cdot \tan \alpha$

Folglich ist für gleiche Ablenkungswinkel α , d. h. für gleiche magnetisirende Ströme, die Anziehung zweier Elektromagnete etwa vier Mal stärker als die zwischen Elektromagnet und Eisen. Wir enthalten uns für jetzt Folgerungen aus diesem Umstande zu entwickeln.

Es war natürlich, daß wir das so eben ausgesprochene Gesetz der Anziehung, proportionirt den Quadraten des Stroms, auch für die Anziehungskraft von Eisenstangen prüften, wenn dieselbe hufeisenförmig gebogen, also mit beiden Polen beschäftigt sind, um so mehr, da in dieser Art die oben erwähnten Versuche von Fechner etc. angestellt waren, welche ein von dem Vorhergehenden ganz verschiedenes Resultat geben. Zuvörderst müssen wir aber bemerken, daß in Betracht der Umstände, unter welchen jene Versuche angestellt wurden, sie keine Ansprüche auf ein zu großes Gewicht machen können, denn namentlich war bei allen dreien der Strom, welcher die Spiralen durchlief, nicht wirklich gemessen, sondern theils aus andern Elementen berechnet, theils nur in einer Nebenschließung beobachtet worden, deren Leitungswiderstand, wegen Erwärmung der Drähte, nicht

constant blieb. Indessen ist aber der Umstand, ob die Tragkräfte im einfachen oder im quadratischen Verhältniss der Ströme stehen, zu bedeutend, als daß er sich nicht auch aus diesen Versuchen hätte ergeben sollen. Es war daher nothwendig diesen Gegenstand noch einmal der Prüfung zu unterwerfen, und das ging um so leichter, da Einer von uns schon früher einen sorgfältig construirten einarmigen Hebel zum Abreißen eines Ankers hatte anfertigen lassen. Die Beschreibung dieses Instruments wird einer andern Gelegenheit vorbehalten, und es soll nur erwähnt werden, daß besondere Sorgfalt darauf verwandt worden war, um ein möglichst gleichförmiges Anliegen des Ankers am Hufeisen zu bewirken. Beide, der Anker und das Hufeisen, hatten eine ähnliche Form, und beide waren mit einer gleichen Anzahl, nämlich mit 228 Windungen eines etwa $\frac{3}{4}$ " dicken Drahts umwunden. Bei der Verbindung dieses Drahts mit der Batterie befand sich immer die oben erwähnte Tangentenbussole in dem Kreise der Kette.

Alle Vorsichtsmafsregeln dienten indessen nur dazu, für die bei gleichen Strömen angestellten Versuche unter sich ziemlich übereinstimmende Resultate zu erhalten; zu dem *erwarteten* Resultate führten sie nicht, und es stellte sich nur heraus, daß bei starker Magnetisirung die Tragkraft — wir sagen nicht das *Gesetz der Anziehung* — zweier Elektromagnete oder eines Hufeisens und seines Ankers, ein viel zu complicirtes Phänomen ist, als daß ein so einfaches Gesetz, wie das quadratische oder das einfache, demselben genügen sollte. Schon der Umstand ist hier von großer Bedeutung, daß beide Arme des beweglichen Hufeisens oder Ankers nie zu gleicher Zeit abgerissen werden, was um so auffallender stattfindet, je stärker der Strom, und also die Anziehung ist. Wir geben in dem Folgenden die Beobachtungen, wie sie sich uns ergaben, vorläufig als bloßes Material zu künftiger Benutzung.

Tabelle V.

Beide Hufeisen waren magnetisirt und ihre Endflächen berührten sich unmittelbar.

No. des Versuchs.	Ablenkung des Multipliers. α .	Tragkraft G in Pfund	Mittleren Werth von 10000. $\tan \alpha$.	Mittleren Werth v. G .	Bemerkung.
1	39° 30' 39 40 39 20	312 302 294	8243	303	
2	17 38 17 38 17 38	215 216 214	3178	215	
3	18° 36' 18 22 18 6 17 56	299 280 287 285	3297	288	Diese Versuche sind nicht mit den oberen vergleichbar, da die Multiplier-Tangentenbussole von der Nadel mehr entfernt worden war.
4	9 14' 8 56 8 50 8 42	209 211 212 206	1569	209	

Bei den Versuchen 1 und 2 war das Verhältniß der Ströme = 2,6, das der Tragkräfte = 1,4.

Bei den Versuchen 3 und 4 war das Verhältniß der Ströme = 2,1, das der Tragkräfte = 1,3.

In beiden Fällen ist also das Verhältniß der Tragkräfte bedeutend *geringer* als das einfache Verhältniß der Ströme es fordert, statt daß wir es, unter anderen Bedingungen, wie das der Quadrate der Ströme gefunden hatten.

Tabelle VI.

Das feste Hufeisen wurde magnetisirt, das bewegliche diente als bloßer Anker, die Endseiten berührten sich unmittelbar.

No. des Versuchs.	α .	G.	Mittlerer Werth von 10000. $\tan \alpha$.	Mittlerer Werth von G.	Bemerkungen.	
1	45° 54'	253	10206	257		
	45 32	258				
	45 12	260				
2	23 0	174	4213	216		
	22 50	170				
	22 42	175				
3	20° 16'	214	3613	216	Auch diese Beobachtungen sind nicht mit den oberen vergleichbar.	
	20 00	219				
	19 42	222				
	19 30	211				
4	9 34	147	1683	143		Auch diese Beobachtungen sind nicht mit den oberen vergleichbar.
	9 32	144				
	9 4	142				
	8 54	141				

Aus 1 und 2 erhalten wir das Verhältniß der Ströme $\approx 2,4$, das der Tragkräfte $\approx 1,5$.

Aus 3 und 4 erhalten wir das Verhältniß der Ströme $\approx 2,2$, das der Tragkräfte $\approx 1,5$.

Auch hier ist das Verhältniß der Tragkräfte bedeutend geringer wie das der Ströme, und nahezu in denselben Verhältnisse wie dort.

Die im Vergleich zu den Strömen auffallend geringen Tragkräfte veranlaßten uns, eine nochmalige Prüfung mittelst eines ganz anderen Apparats vorzunehmen,

um zu sehen, ob nicht irgend ein, von uns übersehener, Umstand in der Construction des Abreißhebels die Ursache der so sehr von unserem früheren abweichenden Resultate sey. Es ward zu dem Zwecke ein elektromagnetisches Hufeisen mit seinen beiden Schenkeln senkrecht nach oben befestigt, und, nach Magnetisirung desselben durch den galvanischen Strom, der Anker zugleich mit einem dazwischen gebrachten, nach Muncke's Angabe construirten Regnier'schen Dynamometer abgerissen. Der Strom ward durch die Tangentenbussole gemessen. Die folgende Tabelle VII giebt die Versuche mit einem *flachen* geraden Anker, wo α die Ablenkung des Multiplicators und G die Tragkraft in Pfunden ausdrückt:

Tabelle VII.

α ,	G in Pfunden.
26° 36'	115
29 16	116
29 36	132,5
30 34	71,5
30 40	92
30 40	80

Wie man sieht, sind hier die Tragkräfte bei fast gleichen Strömen so ungemein verschieden, daßs hieraus der große Einfluß, den die Art des Anlegens des Ankers, welches bei diesen Versuchen nach dem Augenmaasse und nicht, wie beim Abreißhebel, immer auf dieselbe Weise geschieht, recht augenscheinlich wird. Da wir hiernach mit diesem Anker nicht auf einigermaßen brauchbare Resultate rechnen konnten, so vertauschten wir denselben mit einem abgerundeten Anker, der also die Pole des Elektromagneten nur in einer geraden Linie berührte. Hier zeigen allerdings die unter gleichen Umständen erhaltenen Resultate viel mehr Uebereinstimmung unter einander, als die früheren, wie aus der folgenden Tabelle VIII sich ergibt.

Tabelle VIII.

No. des Versuchs.	Ablenkungen.	G in Pfunden.	Mittlerer Werth von 10000. $\tan \alpha$.	Mittlerer Werth von G.
1	39° 16'	167	8336	167,3
	39 52	165		
	40 36	170		
2	31 6	132	6020	131,2
	30 56	127		
	31 6	135		
3	25 16	86	4738	89,0
	25 24	92		
	25 24	89		
4	17 36	60	3169	57,3
	17 36	55		
	17 32	57		
5	9 16	25	1632	24,8
	9 16	24,5		
	9 16	25		

Hieraus ergibt sich für Versuch:

1 und 2,	Verh. der Ströme	= 1,39;	der Tragkräfte	= 1,27
2 - 3	- - -	= 1,27;	- -	= 1,46
3 - 4	- - -	= 1,49;	- -	= 1,55
4 - 5	- - -	= 1,94;	- -	= 2,31
1 - 5	- - -	= 5,13;	- -	= 6,75

Im Allgemeinen wachsen zwar die Tragkräfte in einem stärkeren Verhältnisse als die Ströme, indessen keinesweges im quadratischen. Es wird um so vortheilhafter, je geringer die Kraft ist, die zum Abreißen erfordert wird; so daß es hierbei weniger auf die relativen Tragkräfte, als auf die absoluten anzukommen scheint, weshalb auch diese Versuche der Tab. VIII ein besseres Resultat geben, als die der Tab. VI.

Da durch die Versuche mit dem Dynamometer klar

wurde, daß nicht die Construction des Abreißhebels die Anomalien in den Resultaten verschuldete, sondern daß sie in der Natur des Abreißens begründet seyn müssen, so wurden die folgenden Versuche wiederum mit dem Abreißhebel angestellt, und zwar so, daß sich die beiden elektro-magnetischen Hufeisen nicht mehr unmittelbar berührten, sondern durch zwischengebrachte Platten auf $\frac{1}{16}$ Zoll Entfernung gehalten wurden. Die drei letzten Columnen in den folgenden Versuchsreihen enthalten die Verhältnisse der Ströme, die der Tragkräfte und die der Quadrate der Ströme, wie sie sich aus je zwei aufeinanderfolgenden Versuchen ergeben:

Tabelle IX.

Nur das feste Hufeisen magnetisirt, das bewegliche dient als Anker.

No. des Versuchs.	α .	G.	Im Mittel /g u. 10000	G.	Verhältnis d. Ströme.	Verhältnis der Tragkräfte.	Verhältnis d. Quadr. d. Ströme.
1	8° 36'	6,0	1507	6,0	1,80	3,15	3,25
	8 34	6,2					
	8 34	5,8					
	8 34	6,2					
2	15 16	19,4	2717	18,9	1,31	1,70	1,71
	15 14	18,9					
	15 12	18,5					
	15 7	18,9					
3	19 46	33,0	3554	32,2	1,02	1,03	1,04
	19 40	32,4					
	19 30	31,6					
	19 32	32,0					
4	20 8	33,6	3711	33,0	1,17	1,28	1,38
	20 0	33,0					
	19 54	33,0					
	19 44	32,4					
5	23 8	43,0	4258	42,3			
	23 4	43,0					
	23 2	42,4					
	23 0	41,0					

Hier

Hier kommt das Verhältniß der schwächeren Tragkräfte dem der Quadrate der Ströme ziemlich nahe, und selbst für die stärksten Gewichte der Versuche 3, 4, 5 übersteigt es das einfache Verhältniß noch bedeutend; weniger ist dieses bei der folgenden Versuchsreihe der Fall, wo bei einer Belastung von 92 Pfund und 79 Pfund die Ströme sogar im Verhältniß stärker sind als diese Gewichte.

Tabelle X.

No. des Versuchs.	α .	G.	Im Mittel 10000	Im Mittel G.	Verhältniß der Ströme.	Verhältniß der Tragkraft.	Verhältniß d. Quadr. d. Ströme.
1	6° 26'	13,3	1131	13,2	1,86	3,18	3,44
	6 28	13,2					
	6 28	13,2					
	6 28	13,2					
2	12 0	44,0	2098	42,0	1,35	1,56	1,82
	11 52	42,0					
	11 48	41,0					
	11 44	41,0					
3	16 0	69,0	2833	65,4	1,08	1,11	1,16
	15 50	66,2					
	15 46	66,4					
	15 42	60,0					
4	16 46	74,0	3051	72,6	1,05	1,09	1,10
	17 7	72,4					
	17 3	72,5					
	16 55	71,6					
5	17 49	80,4	3204	78,8	1,18	1,17	1,39
	17 55	77,4					
	17 46	80,9					
	17 32	76,5					
6	20 40	91,9	3779	92,1			
	20 48	91,7					
	20 44	91,2					
	20 36	91,6					

Obgleich aus den letzten Versuchen mit den hufeisenförmig gebogenen Stangen kein entschiedenes Resultat hervorgeht, so dienen sie doch wenigstens zur Rechtfertigung, nicht der von den oben erwähnten Physikern aus ihren Versuchen gezogenen Schlüsse, sondern zur Rechtfertigung dieser Versuche selbst. Dafs die Anziehungskräfte sich verhalten wie die Producte aus den magnetischen Intensitäten, ist ein ganz allgemeines Gesetz, das bei allen magnetischen Intensitätsuntersuchungen zum Grunde gelegt wird. Durch unsere Versuche der Tab. I bis Tab. IV ist diesem Gesetze für den speciellen Fall, wo der Magnetismus durch elektrische Ströme hervorgerufen wird, vollkommene Bestätigung geworden. Dafs bei der Anziehung hufeisenförmiger Magnete Modificationen eintreten, thut dem Gesetze an sich weiter keinen Eintrag, und es scheint vorläufig nicht so gar dringend, nähere Untersuchungen darüber anzustellen, wodurch diese Anomalien veranlaßt seyn könnten. Bis zur vollen Aufklärung dieses Gegenstandes mufs man sich nur hüten solche hufeisenförmige Eisenstangen als Maafs zu gebrauchen, um aus ihrer Tragkraft auf die magnetische Intensität, oder umgekehrt, aus der magnetischen Intensität auf die Tragkraft zu schliessen.

II. *Von einer Veränderung des elektromotorischen Zustandes der Oberfläche des Zinks in Berührung mit alkalischen Flüssigkeiten unter Mitwirkung des elektrischen Stromes;*
von P. S. Munck af Rosenschöld.

Dafs die Abnahme der Wirkung einer galvanischen Kette, die nach dem Schliessen derselben durch einen guten Leiter gewöhnlich schnell erfolgt, zum Theil in