

II. *Anziehende Wirkung der Elektromagnete; von Julius Dub.*

Die Construction elektromagnetischer Maschinen beruht in vielen Fällen auf der Wirkung der Elektromagnete in Entfernung. Es ist aber eine für die Kraftäußerung solcher Maschinen nicht günstige Thatsache, daß die Elektromagnete so sehr wenig in Entfernung wirken, im Verhältniß zu den Stahlmagnete sowohl, als im Verhältniß zu ihrer großen Wirkung in Berührung. Es schien mir daher von nicht geringem Interesse, Aufschluß zu erhalten über die Größe der Wirkung auf Entfernung bei Magneten von verschiedenen Verhältnissen.

Andererseits veranlaßten mich meine früheren Beobachtungen, daß der Einfluß der Berührungsfläche so bedeutend sey, zu diesen Untersuchungen, da ich im Voraus versichert war, daß diese Wirkung der Berührungsfläche in Entfernung wenigstens sich verringern, wo nicht gar verschwinden möchte. Ich wurde zu dieser Meinung besonders dadurch geführt, daß ich früher auf mehrere Sätze stiefs, welche mit den von den HH. Lenz und Jacoby aufgestellten nicht übereinstimmten. Ich glaubte ich würde durch die Beobachtung der Wirkung der Elektromagnete in Entfernung vielleicht zu denselben Resultaten, wie sie dort ausgesprochen sind, gelangen; da nämlich die Versuche jener Gelehrten so angestellt sind, daß die Wirkung beobachtet wird, wenn Magnet und Anker, oder zwei Magnete sich *nicht unmittelbar* berühren.

Andere von Lenz und Jacoby aufgestellte Sätze über die Anziehung sind nicht das Resultat unmittelbarer Messungen, sondern aus andern Erscheinungen, nämlich der Inductionswirkung beim Unterbrechen des Stromes oder Abreißen des Ankers erschlossen. Es schien mir daher von nicht geringem Interesse zu untersuchen, ob die wirkliche Anziehung dieselben Resultate zeige?

Wie die früheren Untersuchungen, habe ich auch diese durch directes Abreißen des Ankers mittelst angehängter Gewichte angestellt, und habe dazu denselben Apparat benutzt wie er in meiner früheren Abhandlung über die Anker beschrieben ist ¹).

Mit der grovischen Säule waren wie früher die Kupferspirale des Magneten, die Tangentenbussole und der Widerstandsmesser zu einem Kreise verbunden. Die Anziehung wurde durch den Abreißapparat gemessen.

Um nun die Wirkung der Elektromagnete auf Entfernungen kennen zu lernen, bedurfte es eines Apparates, welcher möglich machte, den Anker in beliebiger, genau gemessener Entfernung vom Magneten zu halten.

Diesen Apparat, wie auch die angewandte Tangentenbussole, verfertigte der Mechaniker Hr. Zinke mit empfehlenswerther Genauigkeit und Sorgfalt. Er besteht in einer Hülse (*a*), 3''' stark, von Rothguß, 5''' hoch und 1" innerem Durchmesser, welche den Anker (*A*) umfaßt. An dieser befinden sich 3 hervorstehende Lappen (*b*), welche 3 senkrechte starke Schrauben (*c*) von 2" Länge und $2\frac{1}{2}$ ''' Dicke tragen. Diese sind unten zugespitzt und haben auf den Köpfen eine Theilung. Mittelst dieser und dreier emporstehender Messingstäbe (*d*) ist es möglich, genau zu bestimmen, wie weit die Schrauben gedreht sind. Durch die Hülse selbst gehen 3 Schrauben (*e*), welche dieselbe an dem jedesmal angewandten Anker (*A*) befestigen.

Die senkrecht herabgehenden Schrauben (*c*) mit der Theilung haben den Zweck, durch ihre Drehung den Anker, wenn er von dem Magneten angezogen wird, in beliebiger Entfernung von demselben zu halten. Diese 3 Schrauben stehen in einem Kreise, dessen Durchmesser circa $2\frac{1}{2}$ ''' ist, so daß sie also keinen der von mir benutzten Magneten selbst berühren. Die unter dem Anker befindlichen Magneten tragen daher eine Messinghülse mit vorstehendem Rande (*f*), dessen äußerer Umfang 3" Durchmesser hat, und auf dem eine Scheibe von Spiegelglas ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 366 -- 369.

kittet ist, damit die aufstossenden Schraubenspitzen die Unterlage nicht verletzen, und damit das Einstellen mit gröfserer Genauigkeit gemacht werden könne. Vier Schrauben (*h*) befestigen diese Hülse an dem Magneten.

So war es möglich, durch allmäliges Drehen der 3 Schrauben (*c*), den Anker immer weiter von dem Magneten zu entfernen und die Kraft zu messen, mit welcher er in bestimmten Entfernungen gehalten wurde. Jede dieser Schrauben hatte auf einen preussischen Zoll Länge $45\frac{1}{2}$ Windung.

Ich habe die Messungen begonnen bei einer Viertel-drehung der Schrauben und entfernte also dadurch den Anker $\frac{1}{8}x$ von dem Magneten.

Wenn ich den Versuch mit einem bestimmten Anker begann, so stellte ich die Hülse mit den drei Schrauben auf die am Magneten befestigte Unterlage (*f*) und liefs den in die Hülse gesteckten Anker von dem Magneten anziehen. So bekam jener eine feste Stellung und in dieser befestigte ich nun die Hülse mittelst der Schrauben (*e*) an ihm. Nachdem diefs geschehen, wurde der Strom noch einmal unterbrochen und nun der Anker mit der Hülse an dem Wagebalken hängend aequilibrirt. Ich musf hier noch bemerken, dafs ich zu dem Messen eigene Gewichte hatte, die alle um so viel leichter waren als der Haken wog, welcher auf dem Hebelarm mit dem angehängten Gewichte verschoben wurde, damit sein Gewicht, das $\frac{3}{4}$ Loth betrug und nicht mit aequilibrirt werden konnte, nicht etwa die Messungen ungenau mache.

Nachdem aequilibrirt war, setzte ich den Strom wieder ein und nun begannen die Messungen. Zunächst wurde die Anziehung in Berührung bestimmt, welche ich meist schon in früheren Versuchsreihen hatte und die ich also hierbei prüfte. Einige fand ich fehlerhaft, die meisten jedoch stimmten ganz genau. Nach diesen Messungen kommt das schwierigste Geschäft. Ich musfte nämlich nun die bisher etwas zurückgestellten 3 Schrauben (*c*) so einstellen, dafs sie, während der Anker vom Magneten angezogen wurde,

wurde, genau gerade die Glasunterlage (*g*) berührten. Schraubte ich etwas zu weit, so gab dieß sogleich eine merkliche Aenderung in dem Resultat. Ich habe daher diesen Versuch bei jedem neuen Anker öfter gemacht, wobei sich dann zeigte, welches das richtige Resultat sey. Dessenungeachtet ist es immer noch möglich, daß in einigen Fällen aus diesem Grunde Fehler in die Resultate gekommen sind.

War dieser erste Versuch festgestellt, so drehte ich die Schrauben einen Quadranten herum und erhielt dadurch die Entfernung von $\frac{1}{18}$ " der Anker vom Magneten. Darauf wurde wieder gedreht, ich erhielt die doppelte Entfernung.

Die in den Resultaten vorkommenden Fehler sieht man leicht bei genauer Beobachtung der Reihen und besonders bei einem Vergleich derselben unter einander. Man erkennt aber auch sogleich, daß sie die Zuverlässigkeit der aufgestellten Sätze bei einer so großen Menge von Beobachtungen nicht im Geringsten beeinträchtigen.

Wengleich ich es mir zur Aufgabe gemacht habe, die Anziehung der Elektromagnete selbst zu messen, so sah ich mich dessenungeachtet genöthigt, zuvor Messungen mit verschiedenen Ankern bei demselben Magneten anzustellen, um beurtheilen zu können, was Einfluß des Ankers oder des Magneten sey.

Ich untersuchte also zunächst:

Die Wirkung der Anker des Elektromagneten auf Entfernung.

Die Dicke der Anker.

Die ersten Messungen, welche ich anstellte, waren mit einem Magneten von 1" Durchmesser und 12" Länge mit 336 Windungen auf der ganzen Länge des Eisenkernes vertheilt, wie ich ihn auch bei den früheren Untersuchungen benutzt und beschrieben habe. Diesen Magneten liefs ich zunächst die 6" langen Anker von den Durchmessern 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " und $\frac{3}{8}$ " anziehen. Die Resultate waren folgende:

1. Anziehung der 6" langen 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " dicken Anker durch den 12" langen 1" dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20° Ablenkung.

	Ank. 1" dick.	Ank. $\frac{3}{4}$ " dick.	Ank. $\frac{1}{2}$ " dick.	Ank. $\frac{3}{8}$ " dick.
Berührung	3,27 Pfd.	4,1 Pfd.	4,76 Pfd.	5,1 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,1 "	1,25 "	1,4 "	1,6 "
$\frac{1}{2}$ "	0,9 "	0,9 "	0,92 "	0,95 "
$\frac{3}{4}$ "	0,71 "	0,77 "	0,65 "	0,65 "
1 "	0,6 "	0,65 "	0,48 "	0,45 "
2 "	0,38 "	0,36 "	0,23 "	0,194 "
3 "	0,27 "	0,23 "	0,15 "	0,11 "
4 "	0,19 "	0,16 "	0,11 "	0,08 "
5 "	0,15 "	0,12 "	0,084 "	0,062 "
6 "	0,11 "	0,1 "	0,07 "	0,05 "
7 "	0,095 "	0,08 "	0,062 "	0,044 "
8 "	0,08 "	0,063 "	0,05 "	0,032 "
9 "	0,07 "	0,055 "	0,04 "	

Wenngleich ich schon aus früheren Beobachtungen die schnelle Abnahme der Wirkung des Elektromagneten in Entfernungen kannte, so hatte ich in so geringem Abstände sie doch nicht so bedeutend erwartet. In einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Umdrehung der Schrauben, d. h. $\frac{1}{1872}$ ", beträgt die Anziehung bei dem 1" starken Anker nur $\frac{1}{3}$ von der in Berührung und bei den schwächeren noch weniger. Bei zunehmender Entfernung wird nun die Differenz zwischen zweien aufeinander folgenden Beobachtungen immer geringer, wie das natürlich ist; jedoch ist die Abnahme desensungeachtet so bedeutend, dafs sie bei dem 1" starken Anker bei 2 Umdrehungen fast nur $\frac{1}{10}$ und bei den andern noch viel weniger beträgt.

Vergleichen wir nun die Reihen unter einander, so finden wir, dafs während in Berührung die Anziehung mit der Abnahme der Durchmesser der Anker bis zu einer bestimmten Gränze zunimmt, in einiger Entfernung vom Magneten sich gerade die umgekehrten Verhältnisse zeigen. Die Anziehung der dünneren Anker nimmt in viel schnellerem Maafse ab, als die starken, so dafs in einiger Entfernung sich ein bestimmtes Verhältnifs herausstellt, nach-

dem dann die Abnahme fortgeht. In diesen Versuchsreihen ist ziemlich genau das Verhältniß der Durchmesser der Anker und wengleich, wie ich später zeigen werde, die Abweichungen nicht den Versuchsfehlern zugerechnet werden können, so wäre doch möglich, daß gerade ein Eisenstab anders beschaffen seyn könnte als der andere, so daß diese Abweichungen dadurch herbei geführt würden. Um zu sehen, ob sich dieser Satz auch bei anderen Versuchsreihen wirklich herausstelle, untersuchte ich zunächst längere Anker.

II. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf Anker von 9" und 12" Länge und 1" und $\frac{1}{2}$ " Dicke bei der Stromstärke von 20°.

Berührung	Anker 9" lang		Anker 12" lang.	
	1" dick	$\frac{1}{2}$ " dick.	$\frac{3}{4}$ " dick	$\frac{1}{2}$ " dick.
4,43 Pfd.	6,8	Pfd.	5,69	6,82
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,6	"	2,1	"
$\frac{1}{2}$ " "	1,3	"	1,55	"
$\frac{3}{4}$ " "	1,1	"	1,15	"
1 " "	0,9	"	0,92	"
2 " "	0,52	"	0,54	"
3 " "	0,36	"	0,35	"
4 " "	0,26	"	0,25	"
5 " "	0,2	"	0,19	"
6 " "	0,155	"	0,15	"
7 " "	0,135	"	0,13	"
8 " "	0,11	"	0,103	"
9 " "	0,096	"	0,09	"

III. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf 6" lange Anker von verschiedenem Durchmesser bei einer Stromstärke von 35°.

Berührung	Anker 1" dick		$\frac{3}{4}$ " dick		$\frac{1}{2}$ " dick		$\frac{3}{8}$ " dick.	
	9	Pfd.	10,5	Pfd.	16,2	Pfd.	14,9	Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	4,6	"	4,6	"	6,4	"	6,2	"
$\frac{1}{2}$ " "	3,5	"	3,10	"	3,8	"	3,4	"
$\frac{3}{4}$ " "	2,9	"	2,6	"	2,85	"	2,4	"
1 " "	2,6	"	2,15	"	2	"	1,7	"
2 " "	1,65	"	1,3	"	0,95	"	0,78	"
3 " "	1,05	"	0,92	"	0,65	"	0,5	"
5 " "	0,60	"	0,52	"	0,46	"	0,28	"
9 " "	0,27	"	0,26	"	0,174	"	0,136	"
15 " "	0,13	"	0,125	"	0,085	"	0,073	"

Wir sehen, dass alle diese Reihen dieselbe Erscheinung zeigen, wie die ersten. Es findet bei den dünneren Ankern eine schnellere Abnahme der Anziehung statt und dadurch erreichen sie bald das Verhältniss der Anziehung wie ihre Durchmesser.

Ich habe nun noch zwei Reihen mit 9" langen Ankern angestellt.

IV. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf 9" lange Anker bei der Stromstärke 35°

	Anker 1" dick.	Anker $\frac{1}{2}$ " dick.
Berührung	13,8 Pfd.	19,1 Pfd.
$\frac{1}{2}$ Umdr.	6,4 "	7,6 "
$\frac{1}{4}$ "	5,2 "	4,8 "
$\frac{3}{4}$ "	4,3 "	3,4 "
1 "	3,7 "	2,5 "
2 "	2,35 "	1,17 "
3 "	1,47 "	0,71 "
5 "	0,85 "	0,38 "
9 "	0,4 "	0,18 "
15 "	0,21 "	0,09 "

Alle diese Versuchsreihen waren angestellt mit dem 1" starken Magneten. Es fragte sich nun, ob auch in dem Falle, wo der Magnet schwächer ist als der Anker, sich derselbe Unterschied in der Anziehung der verschieden starken Anker herausstellen würde. Ich wählte daher einen $\frac{1}{2}$ " starken 12" langen Magneten und liefs ihn ebenfalls obige Anker anziehen. Das Resultat war folgendes:

V. Anziehung der Anker von 6" Länge durch den 12" langen $\frac{1}{2}$ " dicken Magneten bei der Stromstärke von 20° Ablenkung.

	Anker 1" dick.	$\frac{3}{4}$ " dick.	$\frac{1}{2}$ " dick.	$\frac{3}{8}$ " dick.
Berührung	5,4 Pfd.	4,9 Pfd.	4,4 Pfd.	4,7 Pfd.
$\frac{1}{2}$ Umdr.	1,6 "	1,4 "	1,3 "	1,3 "
$\frac{1}{4}$ "	0,96 "	0,7 "	0,9 "	0,75 "
$\frac{3}{4}$ "	0,67 "	0,6 "	0,67 "	0,51 "
1 "	0,54 "	0,44 "	0,48 "	0,4 "
2 "	0,26 "	0,26 "	0,23 "	0,225 "

	Anker 1" dick.	$\frac{3}{4}$ " dick.	$\frac{1}{2}$ " dick.	$\frac{3}{8}$ " dick.
3 Umdr.	0,16 Pfd.	0,16 Pfd.	0,14 Pfd.	0,13 Pfd.
4 "	0,116 "	0,103 "	0,097 "	0,089 "
5 "	0,088 "	0,081 "	0,072 "	0,062 "
6 "	0,075 "	0,065 "	0,056 "	0,05 "
7 "	0,062 "	0,055 "	0,044 "	0,042 "
8 "	0,053 "	0,044 "	0,034 "	0,031 "

Diese Reihen liefern uns ganz andere Verhältnisse als die mit dem 1" dicken Magneten. Hier ist durchaus nicht von Proportionalität mit dem Durchmesser der Anker mehr die Rede. Alle sind wenig von einander unterschieden. Es ergibt sich hieraus, daß bei solchen Magneten, welche dünner sind als die Anker, sich andere Verhältnisse herausstellen.

Es fragte sich nun, wie sich die Sache verhalte bei noch stärkern Magneten als dem von einem Zoll Durchmesser. Ich nahm daher einen $1\frac{3}{4}$ " starken Magneten und erhielt:

VI. Anziehung der 6" langen Anker durch einen $1\frac{3}{4}$ " starken 12" langen Magneten bei einer Stromstärke von 15° Ablenkung.

	Anker 1" dick	$\frac{3}{4}$ " dick	$\frac{1}{2}$ " dick	$\frac{3}{8}$ " dick.
Berührung	1,15 Pfd.	1,65 Pfd.	1,85 Pfd.	2,15 Pfd.
$\frac{1}{3}$ Umdr.	0,36 "	0,39 "	0,44 "	0,46 "
$\frac{1}{2}$ "	0,3 "	0,27 "	0,25 "	0,24 "
$\frac{3}{4}$ "	0,26 "	0,22 "	0,187 "	0,17 "
1 "	0,215 "	0,16 "	0,14 "	0,126 "
2 "	0,14 "	0,09 "	0,064 "	0,056 "
3 "	0,1 "	0,06 "	0,044 "	0,034 "
4 "	0,08 "	0,05 "		
5 "	0,07 "	0,04 "		
6 "	0,056 "			

Es zeigt sich bei diesen Versuchsreihen eine langsamere Abnahme der Anziehung, daher zeigt sich erst bei mehreren Umdrehungen eine Annäherung an das Verhältniß zu den Durchmessern. Ich konnte wegen der geringen Anziehung in Berührung die Versuche nicht weit genug fortsetzen

und wählte daher für dieselben Anker und Magneten einen stärkeren Strom und erhielt folgende Resultate:

VII. Anziehung der 6" langen Anker durch den 1 $\frac{1}{4}$ " dicken Magneten bei der Stromstärke 25°.

	Anker 1" dick	Anker $\frac{3}{4}$ " dick	Anker $\frac{1}{2}$ " dick.
Berührung	2,7 Pfd.	3,9 Pfd.	4,1 Pfd.
$\frac{1}{2}$ Umdr.	0,9 "	1,2 "	1,3 "
$\frac{1}{2}$ "	0,72 "	0,72 "	0,7 "
$\frac{3}{4}$ "	0,62 "	0,57 "	0,51 "
1 "	0,53 "	0,46 "	0,39 "
2 "	0,3 "	0,24 "	0,16 "
3 "	0,22 "	0,15 "	0,11 "
4 "	0,17 "	0,11 "	0,072 "
5 "	0,13 "	0,086 "	0,056 "
6 "	0,11 "	0,078 "	0,044 "
7 "	0,09 "	0,056 "	0,037 "
8 "	0,072 "	0,048 "	
9 "	0,065 "	0,041 "	

Auch diese Reihen zeigen dasselbe Verhältniß wie die vorigen. In einiger Entfernung stellt sich annäherungsweise das Verhältniß wie die Durchmesser heraus.

Alle diese Versuche zeigen uns, *dafs unter bestimmten Bedingungen in einiger Entfernung vom Magneten, wenn dieser stärker ist als die Anker, sich die Anziehung annäherungsweise wie die Durchmesser derselben verhält.*

Von Interesse war es mir endlich noch zu sehen, wie die Anziehung eines conisch zugespitzten Ankers in Entfernung sich zu dem gleich starken cylindrischen verhalten würde. Ich nahm daher den 6" langen 1" dicken Anker, welcher durch die conische Zuspitzung eine Berührungsfläche von nur $\frac{1}{2}$ " Durchmesser hat.

VIII. Anziehung des 6" langen 1" dicken conischen und cylindrischen Ankers durch den 12" langen 1" dicken Magneten bei der Stromstärke 20°.

	conischer Anker.		cyld. Ank. 1" dick.	cyld. Ank. $\frac{1}{2}$ " dick.
Berührung	7 Pfd.		3,27 Pfd.	4,76 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	2 "		1,1 "	1,4 "
$\frac{1}{2}$ "	1,35 "		0,9 "	0,92 "
$\frac{3}{4}$ "	0,93 "		0,71 "	0,65 "
1 "	0,7 "		0,6 "	0,48 "
2 "	0,3 "		0,38 "	0,23 "
3 "	0,2 "		0,27 "	0,15 "
4 "	0,13 "		0,19 "	0,11 "
5 "	0,1 "		0,15 "	0,084 "
6 "	0,08 "		0,12 "	0,072 "
7 "	0,063 "		0,096 "	0,06 "
8 "	0,055 "		0,08 "	0,05 "

Wir bemerken in diesen Reihen dieselben Erscheinungen, wie bei andern Ankern von geringerem Durchmesser. Er zieht in Berührung mehr als der starke, allein in geringer Entfernung schon weniger. Der Unterschied ist so bedeutend, daß die Wirkung sich mehr dem halb so starken Anker, welcher mit ihm dieselbe Berührungsfläche hat, nähert, als dem von derselben Schwere. Ich habe wegen des Vergleichs auch die Reihe mit dem $\frac{1}{2}$ " starken Anker mit hinzugefügt.

Das Resultat ist deshalb wichtig, weil hier so deutlich die große Wirkung der Berührungsfläche hervortritt, dagegen die Schwere (Masse) fast ganz verschwindet.

Ich habe denselben Anker noch von dem $\frac{1}{2}$ " starken Magneten anziehen lassen, und erhielt folgendes Resultat:

IX. Anziehung des 6" langen 1" dicken conischen Ankers durch den 12" langen $\frac{1}{2}$ " dicken Magneten bei der Stromstärke von 20°.

	conischer Anker.		cyld. Ank. 1" dick.	cyld. Ank. $\frac{1}{2}$ " dick.
Berührung	5,6 Pfd.		5,4 Pfd.	4,4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,45 "		1,4 "	1,3 "
$\frac{1}{2}$ "	0,9 "		0,96 "	0,9 "
$\frac{3}{4}$ "	0,65 "		0,67 "	0,67 "

	conischer Anker.	cyld. Ank. 1" dick.	cyld. Ank. $\frac{1}{2}$ " dick.
1 Umdr.	0,48 Pfd.	0,54 Pfd.	0,48 Pfd.
2 "	0,22 "	0,26 "	0,23 "
3 "	0,12 "	0,16 "	0,14 "
4 "	0,1 "	0,116 "	0,097 "
5 "	0,08 "	0,088 "	0,072 "
6 "	0,06 "	0,075 "	0,056 "
7 "	0,04 "	0,062 "	0,044 "

In dieser Reihe finden wir wieder eine Analogie zwischen diesem Anker und den cylindrischen. So wie bei den cylindrischen Ankern nur geringer Unterschied zwischen dem 1" starken und dem von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser stattfindet, ist es auch mit dem conischen. Allein wir sehen auch aus dieser Reihe, das es für Entfernung nicht vortheilhaft ist, die Anker zuzuspitzen, damit man das Maximum der Anziehung erhalte.

Aus diesen Resultaten ergibt sich also:

1) *Die Anziehung verhält sich in einigen Fällen annäherungsweise wie die Durchmesser der Anker.*

2) *Zugespitzte Anker zeigen in Entfernung geringere Anziehung als cylindrische von demselben Durchmesser.*

Ich kann nicht unterlassen in diesem Kapitel noch Eines über beobachtete Einzelheiten zu bemerken.

1) In allen Versuchsreihen, wo die Berührungsfläche $\frac{1}{2}$ Durchmesser hat, ist immer die Anziehung, welche sich bei *einer* Umdrehung der Schrauben, d. h. bei $\frac{1}{4}$ " Entfernung zeigt, das Doppelte von der bei 2 Umdrehungen.

2) Der 12" lange 1" starke Magnet hält den 6" langen $\frac{1}{2}$ " starken Anker mit derselben Kraft in Entfernung, als der $\frac{1}{2}$ " starke 12" lange Magnet den 1" starken 6" langen Anker.

Die Länge der Anker.

In welcher Weise sich die Länge der Anker bei gleichem Durchmesser äußere, ergibt sich leicht bei einem Blick auf die früheren Versuchsreihen. Vergleichen wir z. B. die Reihen I und II. mit einander, und in diesen die

Zahlen, welche uns die 6zölligen und 9zölligen Anker unter sonst ganz gleichen Umständen liefern, so finden wir, daß im Allgemeinen dasselbe Verhältniß stattfindet für die Wirkungen in Entfernung als in Berührung. Die Anker, welche in der Nähe mehr ziehen, ziehen auch in jeder Entfernung mehr. Freilich ist das Verhältniß nicht immer dasselbe. Der 1" dicke 9" lange Anker übertrifft den 6" langen in weit höherem Maaße als der $\frac{1}{2}$ " dicke den von demselben Durchmesser übertrifft. Aehnliches zeigt sich, wenn man die Anker bei der Stromstärke von 35° Ablenkung vergleicht.

„Die Anziehung der Anker von gleichem Durchmesser wächst mit der Länge derselben.“

Es versteht sich auch hier von selbst, daß eine Gränze eintritt, wie sich dies hier bei den $\frac{1}{2}$ " starken 9- und 12zölligen Ankern zeigt. Ich mache darauf aufmerksam, daß diese hier beide in Berührung dasselbe ziehen und auch in jeder beliebigen Entfernung. Dies beruht auf einem ganz allgemeinen Satz, auf den ich später zurückkomme. Es ist dies eine Probe, daß die Versuche fehlerfrei sind; denn wäre in Berührung eine der Beobachtungen falsch, so würden sie nicht durchweg in Entfernung gleich viel ziehen.

Ich stellte mir drittens nun die Frage, wie es sich mit

Ankern von gleichem Gewicht

verhalte. Ich bediente mich zu diesem Zwecke der Anker, welche ich schon früher angewandt habe ¹⁾, um die Wirkung in Berührung zu prüfen. Sie steigen von 1" Länge bis 16" und nehmen dabei verhältnißmäßig an Dicke ab von 2" bis auf $\frac{1}{2}$ " Durchmesser, in der Weise, daß sie alle gleich viel wiegen.

Ich benutzte 8 Anker, deren Länge war: 1", 2", 4", $5\frac{1}{4}$ ", $7\frac{1}{3}$ ", $8\frac{1}{2}$ ", $12\frac{2}{3}$ " und 16".

Ich muß im Voraus erwähnen, daß es einige Schwierigkeit hatte auch die Anker zu prüfen, welche größeren Durchmesser als einen Zoll haben. Einmal ist es über-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 471.

haupt schwierig, so kurze Anker genau abzureißen wie längere, und zweitens paßt die Hülse, welche den Anker in Entfernung halten muß, nur auf einen 1" starken Eisenstab, so daß ich sie in diesem Falle am Magneten befestigen mußte. Dazu kommt noch, daß die beiden kürzesten Anker von geschmiedetem Eisen sind, während die längeren aus gewöhnlichem schlesischen Rundeisen bestehen, welches, wie ich glaube, viel gleichmäßiger Consistenz hat.

Ich habe folgende Resultate erhalten:

X. Anziehung der Anker von gleicher Masse durch einen 12" langen 1" dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20°.

Länge der Anker	1".	2".	3".	5 $\frac{1}{4}$ ".	7 $\frac{1}{2}$ ".	8 $\frac{1}{2}$ ".	12 $\frac{1}{3}$ ".	16".
Berühr.	0,83 Pfd.	1,15 Pfd.	2,5 Pfd.	3 Pfd.	4 Pfd.	5 Pfd.	6,6 Pfd.	7,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,61	0,52	0,82	0,9	1,4	1,7	2,1	2,7
$\frac{1}{2}$ »	0,5	0,47	0,66	0,75	1	1,3	1,15	1,7
$\frac{3}{4}$ »	0,4	0,4	0,56	0,6	0,7	0,97	1	1,3
1 »	0,36	0,38	0,48	0,51	0,6	0,73	0,7	0,66
2 »	0,22	0,24	0,3	0,32	0,4	0,4	0,38	0,41
3 »	0,17	0,15	0,19	0,23	0,26	0,26	0,24	0,26
4 »	0,12	0,12	0,16	0,17	0,18	0,18	0,16	0,17
5 »	0,095	0,105	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
6 »	0,078	0,079	0,09	0,1	0,106	0,106	0,106	0,1
7 »	0,065	0,07	0,08	0,093	0,094	0,087	0,09	0,09
8 »	0,058	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,077	0,075
9 »	0,05	0,056	0,063	0,07	0,07	0,06	0,066	0,06

Während in Berührung der erste Anker mit einer Kraft gehalten wird, die fast nur $\frac{1}{10}$ von der ist, mit welcher der letzte angezogen wird, ist in einer Entfernung von 4 Umdrehungen die Anziehung fast bei allen dieselbe. Die Anziehung nimmt um so langsamer ab, je kürzer und dicker der Anker ist.

Es ergibt sich also aus diesen Versuchen der so wichtige Satz:

„Anker von gleicher Masse ziehen von geringerer Entfernung ab gleich viel“.

Um die Wahrheit dieses Satzes zu bestätigen, habe ich die Anker von 4" Länge ab von demselben Magneten bei

einem Strom von 35° , so wie von dem $12''$ langen $\frac{1}{2}''$ dicken Magneten bei der Stromstärke 20° anziehen lassen.

XI. Anziehung der Anker von gleicher Schwere durch den $12''$ langen $1''$ dicken Magneten bei einer Stromstärke von 35° .

Länge der Anker	4".	5 $\frac{1}{4}$ ".	7 $\frac{1}{2}$ ".	8 $\frac{1}{2}$ ".	12 $\frac{3}{4}$ ".	16".
Berühr.	8 Pfd.	10 Pfd.	13,5 Pfd.	16,5 Pfd.	27,5 Pfd.	21,5 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	3	3,3	5,5	7	10,5	11,5
$\frac{1}{2}$ " "	2,65	2,95	4,7	5,7	6,8	6,4
$\frac{3}{4}$ " "	2,3	2,6	3,7	4,05	4,8	4,2
1 " "	1,97	2	3	3,2	3,5	3,4
2 " "	1,25	1,3	1,7	1,7	1,65	1,55
3 " "	0,89	0,98	1,15	1,15	1	0,95
5 " "	0,52	0,6	0,65	0,63	0,54	0,51
9 " "	0,21	0,27	0,3	0,31	0,27	0,26
15 " "	0,106	0,12	0,14	0,15	0,14	0,14

Ich habe wegen der mangelhaften Genauigkeit, so wie wegen der Schwierigkeit, mit der die Versuche mit den kurzen Ankern anzustellen sind, diese weggelassen. Und gewiß liefern Anker von $4''$ bis $16''$ Länge schon hinreichende Bürgschaft für die Wahrheit des Satzes, wenn man nur einmal auch die Wirkung der kürzesten gesehen und beobachtet hat, wie langsam deren Abnahme im Verhältniß zu den längeren Ankern ist.

XII. Anziehung der Anker von gleicher Schwere durch einen $12''$ langen $\frac{1}{2}''$ dicken Magneten bei einer Stromstärke von 20° .

Länge der Anker	4".	5 $\frac{1}{4}$ ".	7 $\frac{1}{2}$ ".	8".	12 $\frac{3}{4}$ ".	16".
Berühr.	4,4 Pfd.	4,6 Pfd.	4,7 Pfd.	5,4 Pfd.	6,4 Pfd.	6,6 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,5	1,35	1,45	1,6	1,8	1,8
$\frac{1}{2}$ " "	0,98	0,88	0,82	1,05	1,15	1
$\frac{3}{4}$ " "	0,72	0,7	0,7	0,8	0,88	0,78
1 " "	0,57	0,52	0,5	0,6	0,68	0,58
2 " "	0,28	0,26	0,24	0,3	0,33	0,34
3 " "	0,17	0,16	0,16	0,18	0,2	0,19
4 " "	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,125
5 " "	0,094	0,093	0,094	0,09	0,098	0,094
6 " "	0,075	0,075	0,075	0,07	0,078	0,075
7 " "	0,062	0,054	0,056	0,053	0,058	0,056
8 " "	0,05	0,046	0,047	0,041	0,047	0,047

Auch diese Reihen liefern dieselben Resultate und zwar mit noch größerer Genauigkeit als die früheren. Ich schreibe dies dem Umstande zu, daß der Magnet nur $\frac{1}{2}$ " Durchmesser hat und aus dem Grunde die Berührung so ist, daß ich mit größerer Leichtigkeit die Schrauben richtig einstellen konnte.

Werfen wir nun einen Blick auf die sämtlichen Versuchsreihen und deren Resultate zurück, so ergibt sich klar, daß die Beobachtung der Anziehung in Entfernung mehr Aufschluß über die bei Magneten waltenden Gesetze giebt, als die Anziehung in Berührung; abgesehen von den Fällen, wo in Berührung sich entgegengesetzte Erscheinungen zeigen. Das Resultat der Anziehung in Berührung ist zum Theil deshalb kein reines, weil fast nie der Anker vom Magneten mit der ganzen Fläche zugleich abreißt, sondern immer die eine Seite um ein Weniges sich eher hebt. Man muß jedoch erst genau beobachten, um es selbst zu bemerken, denn wenn es sehr merkbar ist, wird freilich das Resultat noch anders. Ich habe mich stets bemüht solche Fehler möglichst zu vermeiden, es gelingt jedoch am wenigsten, je größer die Berührungsfläche ist. Daher geben denn die Versuche mit dünnern Ankern oder Magneten immer bessere Reihen als die mit starken. Am meisten fallen die Fehler auf bei der Vergleichung der quadratischen Verhältnisse, auf die ich hier noch besonders aufmerksam machen will:

Die Stromstärke.

Ich habe mehrere Versuchsreihen bei der Stromstärke 35° angestellt. Diese ist nahezu die doppelte von der bei 20° , mithin müssen die Anziehungen, welche sich in diesem Falle zeigen, das Vierfache von denen seyn, welche bei 20° Stromstärke auftreten. Die Reihen I und III, II und IV, X und XI liefern uns die Beispiele.

Wir bemerken, daß in Berührung durchaus zu wenig sich findet, nur der Anker in No. XI., welcher $12\frac{3}{4}$ " lang ist, zeigt eine specielle Ausnahme, indem er 27,5 Pfd. An-

ziehung hat, während der ihm entsprechende nur 6,6 Pfd. zieht. Jener zieht also sogar 1,1 Pfd. zu viel, was wahrscheinlich auf einem Versuchsfehler beruht. Dafs diese Erscheinungen der zu geringen Anziehung nicht ganz zufällig sind, nicht *ganz* abhängig von der schlechten Berührung, glaube ich schon aus den vielen Versuchen in der früheren Abhandlung genügend nachgewiesen zu haben ¹⁾. Ebenso wenig glaube ich aber, dafs bei vollkommener Berührung sich nicht günstigere Resultate für das Gesetz herausstellen sollten. — Ganz anders ist es nun mit den Resultaten, welche sich in Entfernung zeigen. Hier stellt sich fast bei allen schon bei $\frac{1}{4}$ Umdrehung das richtige Quadrat der Anziehung ein, ja es ist sogar noch etwas zu groß, da 35° nicht gerade die doppelte Tangente von 20° giebt. Es müßte 36° seyn. Allein ich stehe nicht an, diese Abweichungen auf die Versuchsfehler zu rechnen, und mithin in diesen Reihen den Beweis zu finden für jenen, von Lentz und Jacoby ebenfalls durch directe Messungen gefundenen Satz:

„Die Anziehung verhält sich (wenigstens in Entfernung genau) wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme“.

Anziehung der Elektromagnete in Entfernung.

Magnete von verschiedenem Durchmesser.

Die Beantwortung der Frage über die Wirkung des Durchmessers der Magnete liefern zum Theil Versuchsreihen, welche ich schon früher hehufs der Wirkung der Anker angestellt habe, so wie einige hinzugefügte neue.

Ich halte es nicht für unnütz die vorn schon aufgeführten Reihen hier zu wiederholen, da sie doch mit den andern zusammengestellt werden müssen.

Ich wandte zunächst 12" lange Magnete von 1" und $\frac{1}{2}$ " Durchmesser an und muß erwähnen, dafs diese mit einer Spirale umwunden sind, welche auf 6 Hülsen, je $1\frac{3}{4}$ " lang, sich befindet. Jede Hülse hat 56 Umwindungen in 2 Lagen über einander. Die Länge aller 6 Hülsen, d. h. die

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 484 u. f.

Länge sämmtlicher Spiralwindungen, ist also $10\frac{1}{4}$ " , mithin steht der Magnet auf jeder Seite $\frac{3}{4}$ " aus der Spirale hervor.

XIII. Anziehung des 6" langen 1" dicken Ankers durch Magnete von 12" Länge und 1" und $\frac{1}{2}$ " Dicke bei der Stromstärke 20° und 35°.

Berührung	Stromstärke 20°.		Stromstärke 35°.	
	Magnet 1" dick.	$\frac{1}{2}$ " dick.	1" dick.	$\frac{1}{2}$ " dick.
	3,27 Pfd.	5,4 Pfd.	9 Pfd.	13 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,1 "	1,4 "	4,6 "	6 "
$\frac{1}{2}$ "	0,9 "	0,96 "	3,5 "	3,7 "
$\frac{3}{4}$ "	0,71 "	0,67 "	2,9 "	2,7 "
1 "	0,6 "	0,54 "	2,6 "	2,1 "
2 "	0,38 "	0,26 "	1,65 "	0,92 "
3 "	0,27 "	0,16 "	1,05 "	0,57 "
4 "	0,19 "	0,116 "	0,8 "	0,4 "
5 "	0,15 "	0,088 "	0,6 "	0,3 "
6 "	0,11 "	0,075 "	0,46 "	0,24 "
7 "	0,09 "	0,062 "	0,38 "	0,19 "
8 "	0,08 "	0,053 "	0,33 "	0,15 "
9 "	0,07 "	0,045 "	0,27 "	0,13 "
15 "			0,13 "	0,06 "

Ich habe darauf Versuche mit kürzeren Magneten, nämlich von 9" Länge angestellt.

XIV. Anziehung des 6" langen 1" dicken Ankers durch 9" lange Magnete bei einer Stromstärke von 28° 38'.

Berührung	Mag. 1" dick.	Mag. $\frac{3}{4}$ " dick.	Mag. $\frac{1}{2}$ " dick.
	2,6 Pfd.	3,2 Pfd.	4,4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,82 "	1 "	1,35 "
$\frac{1}{2}$ "	0,67 "	0,77 "	0,85 "
$\frac{3}{4}$ "	0,55 "	0,62 "	0,58 "
1 "	0,49 "	0,51 "	0,48 "
2 "	0,3 "	0,29 "	0,22 "
3 "	0,21 "	0,2 "	0,14 "
4 "	0,15 "	0,14 "	0,098 "
5 "	0,12 "	0,11 "	0,072 "
6 "	0,097 "	0,084 "	0,056 "
7 "	0,08 "	0,07 "	0,045 "
8 "	0,064 "	0,06 "	
9 "	0,054 "	0,047 "	

Wir sehen hier erst nach vielen Umdrehungen Annäherung an das Verhältniß des Durchmessers der Magnete von 1" und $\frac{1}{2}$ " Dicke. Bei dem $\frac{3}{4}$ " starken tritt es gar nicht ein. Es scheint also nicht allein der Durchmesser, des Ankers, sondern auch die Länge der Magnete schon das Verhältniß zu ändern, welches hier bei den 12" langen Magneten gerade stattfindet. Ist hier eine Analogie mit den Ankern, so muß das Verhältniß ganz verschwinden, wenn ich den Magneten durch einen dünneren Anker, als der stärkste Magnet ist, anziehen lasse.

Ich wählte einen 6" langen 1" starken und ebenso einen $\frac{1}{2}$ " starken Magneten und liefs diese den 12" langen $\frac{1}{2}$ " dicken Anker, bei einer Stromstärke $47^{\circ} 27'$, welche durch 112 Windungen ging, anziehen.

XV. Anziehung der 6" langen 1" und $\frac{1}{2}$ " starken Magneten auf den 12" langen $\frac{1}{2}$ " starken Anker. Strom $47^{\circ} 27'$.

	Mag. 1" dick.		Mag. $\frac{1}{2}$ " dick.	
Berührung	5,1 Pfd.		4,3 Pfd.	
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,5 "		1,4 "	
$\frac{1}{2}$ "	0,95 "		0,9 "	
$\frac{3}{4}$ "	0,68 "		0,67 "	
1 "	0,54 "		0,5 "	
2 "	0,26 "		0,24 "	
3 "	0,155 "		0,145 "	
4 "	0,115 "		0,093 "	
5 "	0,085 "		0,07 "	
6 "	0,07 "		0,05 "	
7 "	0,056 "		0,04 "	
8 "	0,041 "			

Diese beiden Reihen beweisen uns klar, dafs ein Verhältniß zwischen den Durchmessern der verschiedenen Magnete, wie es die HH. L e n t z und J a c o b y angegeben haben, nicht angenommen werden kann.

Später von mir gefundene Sätze begründen auch die Annahme ganz anderer Verhältnißmäßigkeit zwischen den Magneten von verschiedener Dicke, deren experimentelle

Untersuchung ich jedoch bisjetzt noch nicht unternommen habe, weil die nöthige gleichzeitige Berücksichtigung der Durchmesser der Anker, ja vielleicht auch die Länge derselben, die Untersuchung sehr complicirt macht. Diefs halte ich wenigstens für gewifs, dafs man bei der Untersuchung der Wirkung des Eisenkerns nicht diesen allein, sondern immer das System von Magnet und Anker ins Auge fassen mufs.

Was nun die Wirkung auf Entfernung überhaupt anbetrifft, so beweisen uns diese Reihen, dafs durchweg der Satz gilt:

Die Anziehung der Eisenstäbe (Magnete oder Anker) nimmt bei Entfernung in um so gröfserem Verhältnisse ab, als diese dünner werden.

Länge der Magnete.

Der Elektromagnet besteht aus der Spirale und dem Eisenkerne. Ist nun von der veränderten Anziehung durch Modification der Längenausdehnung die Rede, so dürfte man folgerecht nur eine Verlängerung oder Verkürzung des Eisenkerns mit der Spirale darunter verstehen. Allein dabei drängen sich zugleich die Fragen auf, wie es sich verhalte, wenn *einer* dieser beiden Theile geändert wird.

Bei der Veränderung der Längenausdehnung der *Spirale* sind wieder die beiden Fälle möglich, dafs entweder dieselbe Anzahl der Windungen nur auf eine gröfsere Länge ausgedehnt wird, oder dafs die gröfsere Länge durch eine hinzugefügte Anzahl neuer Windungen hervorgebracht wird. Ich beginne mit dem letzten Falle und werde der Reihe nach folgende Fragen beantworten:

1. Welchen Einfluss hat eine gröfsere Anzahl von Windungen?
2. Welchen Einfluss hat eine Verlängerung der Spirale ohne dafs die Anzahl der Windungen vergrößert wird?
3. Welchen Einfluss hat die Verlängerung des Eisenkerns?
4. Welchen Einfluss hat die Verlängerung des ganzen Magneten, d. h. des Eisenkerns mit der Spirale?

1.

Welchen Einfluss hat eine größere Anzahl von Windungen?

Wenn von der größeren Anzahl der Windungen die Rede ist, so können diese in zweifacher Weise den Eisenkern umgeben, entweder die Spirale wird dadurch *nicht länger* oder sie wird *länger*.

Wenn die Spirale durch die größere Anzahl der Windungen nicht länger wird, so müssen mehr Windungen sich über einander befinden und wir erhalten dann den Fall, welchen die HH. Lentz und Jacoby in ihrer Abhandlung ¹⁾ behandelt haben. Das Resultat ist:

„Die Totalwirkung sämtlicher, einen Eisenkern umgebender, Windungen ist gleich der Summe der Wirkung der einzelnen Windungen.“

Dieser Satz ist durch die Inductionswirkung des Magnetismus, welcher durch Unterbrechen des Stromes hervorgerufen wird, gefunden. Dafs sich nun aber die *Anziehung* nicht immer in derselben Weise zeigt wie der Inductionsstrom, haben wir schon früher gesehen, es fragt sich also, wie sie sich in diesem Falle zeige?

Um dies zu untersuchen nahm ich eine Spirale von 4" Länge mit 304 Windungen ungefähr $\frac{3}{4}$ " starken Kupferdrahtes, der so gewickelt war, dafs zwei Drähte neben einander liefen, so dafs ich den Strom durch die halbe und ganze Anzahl der Windungen gehen lassen konnte und immer gleiche Entfernung der Windungen, sowohl vom Eisenkern überhaupt, als auch besonders von der Berührungsfläche desselben hatte.

Diese Spirale steckte ich über den 12" langen 1" dicken Magneten, so dafs dieser gerade 2" aus ihr hervorragte; dann leitete ich einen Strom, welcher die Nadel auf 14° 34' ablenkte hindurch. Ich liefs erst den Strom durch den einen, dann durch beide Drähte nach einander gehen, so dafs erst 152, dann 304 Windungen von derselben Stromstärke durchlaufen wurden. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung,

1) Pogg. Ann. Bd. 47, S. 252. u. f.

Poggendorff's Annual. Bd. LXXX.

dafs ich den Strom immer mittelst des Widerstandmessers regulirte, und also bei diesem den Widerstand verringern oder eine stärkere Säule nehmen mußte, wenn sich der Widerstand in der Spirale vergrößerte:

Das Resultat war diefs:

XVI. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf den 6" langen 1" dicken Anker bei verschiedener Anzahl von Drahtwindungen und der Stromstärke 14° 31'.

	152 Wwindungen.	304 Wwindungen.
Berührung	0,77 Pfd.	3,1 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,21 "	0,98 "
$\frac{1}{2}$ "	0,18 "	0,83 "
$\frac{3}{4}$ "	0,14 "	0,68 "
1 "	0,125 "	0,57 "
2 "	0,08 "	0,34 "
3 "	0,055 "	0,23 "
4 "	0,04 "	0,16 "
5 "		0,13 "
6 "		0,11 "
7 "		0,083 "
8 "		0,07 "
9 "		0,062 "

Wir sehen hier bei der Anziehung in Berührung genau 4 mal so große Anziehung bei der doppelten Windungszahl als bei der einfachen. Die folgenden Anziehungen sind größer als das 4 fache bis bei 2, 3 und 4 Umdrehungen wieder nur die 4 fache Anziehung eintritt.

Hiernach fände ein Verhältniß statt, wie die Quadrate der Windungszahl.

Ich wählte darauf einen 12" langen $\frac{3}{4}$ " starken Magneten, welcher dieselben Verhältnisse wie der vorige gab:

XVII. Anziehung des 12" langen $\frac{3}{4}$ " starken Magneten auf den 6" langen 1" dicken Anker bei verschiedener Windungszahl und gleichem Strom = 14° 34'.

	152 WWindungen.	304 WWindungen.
Berührung	0,78 Pfd.	3,2 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,2 "	1 "
$\frac{1}{2}$ "	0,16 "	0,8 "
$\frac{3}{4}$ "	0,13 "	0,65 "
1 "	0,1 "	0,52 "
2 "	0,06 "	0,3 "
3 "	0,037 "	0,18 "
4 "		0,13 "

Wir sehen bei diesen Versuchen ebenfalls wieder in Berührung genau die 4 mal so große Anziehung, in den Entfernungen wieder mehr. Ich konnte wegen der geringen Anziehung die Reihen nicht weit fortsetzen und wählte daher noch eine andere Reihe, wo derselbe Magnet durch zwei solcher Spiralen (also durch 608 WWindungen und durch die Hälfte), welche sich unter einander befanden, magnetisirt wird durch den Strom der die Nadel auf 14° 34' ablenkte.

XVIII. Anziehung des 6" langen 1" dicken Ankers durch den 12" langen $\frac{3}{4}$ " starken Magneten bei 304 und 608 WWindungen bei dem Strom 14° 34'.

	304 WWindungen.	608 WWindungen.
Berührung	1,3 Pfd.	6 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,65 "	4 "
$\frac{1}{2}$ "	0,48 "	2,5 "
$\frac{3}{4}$ "	0,38 "	1,8 "
1 "	0,3 "	1,45 "
2 "	0,177 "	0,7 "
3 "	0,11 "	0,42 "
4 "	0,08 "	0,31 "
5 "	0,06 "	0,23 "
6 "	0,048 "	0,18 "
7 "	0,029 "	0,14 "
8 "		0,12 "

Wir finden auch hier dieselben Erscheinungen wie bei den vorigen Versuchen. Vergleichen wir diese quadratischen Verhältnisse, besonders die Abweichungen von dem Quadrat, mit denen bei der Anziehung in Bezug auf die *Quadrate der Ströme*, wie sich zeigt in den Reihen I und III, II und IV, X und XI, so finden wir, daß hier in Berührung die quadratische Anziehung größer ist als dort. Dort ist die Anziehung in Berührung immer kleiner als das richtige Quadrat der Ströme, in jeder Entfernung aber zeigte sich durchschnittlich die Anziehung dem Quadrat der Ströme genau proportional.

Wenn nun in jenen früheren Fällen das nicht genaue Quadrat in Berührung seinen Grund in äußern Uebelständen hat, so müßte hier sich dieselbe Ungenauigkeit zeigen wie dort, wenn wirklich ebenfalls quadratische Verhältnisse stattfinden. Zeigen sich hier nicht dieselben Fehler, so ist entweder nicht dasselbe Verhältniß, oder die Umstände, unter denen hier die Anziehung stattfindet, sind nicht dieselben wie dort. Es ist aber hier Alles dasselbe wie dort, außer der Spirale. Diese Spirale ist nun freilich eine ganz andere. Während die früher immer angewandten Spiralen nur aus 2 Lagen viel dünneren Kupferdrahtes, der mit Seide besponnen ist, bestehen, so daß sie in Ganzen nur $1\frac{1}{4}$ " Durchmesser haben, hat die jetzt angewandte Spirale 8 Lagen mit Wolle besponnenen Kupferdraht und erreicht dadurch einen Durchmesser von $3\frac{5}{8}$ ". Hierdurch wird nun die Seitenwirkung größer, und dies könnte wohl auf den nur 2" entfernten Anker so influiren, daß sich obige Abweichung zeigte. Ist dies der Fall, so mußte wieder die Erscheinung wie früher eintreten, wenn ich die Spirale mehr von der Berührungsfläche entfernte. — Ich that dies. Ich schob die Spirale fast an das andere Ende des Magneten, so daß dieser um 7" aus derselben hervorstand. Jetzt war keine bedeutende Einwirkung auf den Anker mehr wahrscheinlich, ich hatte jetzt ungefähr dasselbe Verhältniß der weiten Spirale zum Magneten in Be-

zug auf die Seitenwirkung als unter den früheren Verhältnissen die enge Spirale.

Ich liefs nun wieder den 12" langen $\frac{3}{4}$ " dicken Magneten den 6" langen 1" dicken Anker bei einer Stromstärke 25°, bei einfacher und doppelter Windungszahl, anziehen und erhielt folgende Resultate:

XIX. Anziehung des 12" langen $\frac{3}{4}$ " dicken Magneten auf den 6" langen 1" dicken Anker durch 152 und 304 Windungen bei der Stromstärke von 25°.

	152 VVindungen.	304 VVindungen.
Berührung	0,35 Pfd.	1,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Uindr.	0,15 "	0,6 "
$\frac{1}{2}$ "	0,11 "	0,43 "
$\frac{3}{4}$ "	0,084 "	0,32 "
1 "	0,073 "	0,28 "
2 "	0,042 "	0,15 "
3 "		0,1 "
4 "		0,07 "
5 "		0,055 "
6 "		0,04 "

Außerdem stellte ich noch 2 Versuche in demselben Sinne an. Ich nahm den 12" langen 1" dicken Magneten und liefs ihn den 6" langen $\frac{1}{2}$ " dicken Anker anziehen bei den Stromstärken 19° und 30° Ablenkung. Ich habe also hier aufer der Spirale Alles geändert um zu sehen, ob auch unter jeder beliebigen Bedingung dasselbe Resultat sich zeigen werde. Ich erhielt diese Reihen:

XX. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf den 6" langen $\frac{1}{2}$ " dicken Anker durch 152 und 304 Windungen bei den Stromstärken 19° und 30°.

	19°.		30°.	
	152 VVind.	304 VVind.	152 VVind.	304 VVind.
Berührung	0,44 Pfd.	1,5 Pfd.	1,15 Pfd.	3,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Uindr.	0,1 "	0,4 "	0,25 "	1 "
$\frac{1}{2}$ "	0,06 "	0,25 "	0,17 "	0,7 "

	19°.		30°.	
	152 VWind.	304 VWind.	152 VWind.	304 VWind.
$\frac{3}{4}$ Umdr.	0,04 Pfd.	0,18 Pfd.	0,12 Pfd.	0,5 Pfd.
1 "		0,14 "	0,09 "	0,39 "
2 "		0,051 "	0,044 "	0,16 "
3 "		0,038 "		0,11 "
4 "				0,08 "
5 "				0,058 "
6 "				0,037 "

Alle diese Reihen liefern uns wieder dieselbe Erscheinung wie die früheren bei den Quadraten der Stromstärke, und so ist durch diese Versuche aufser Zweifel:

„Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der Anzahl der Windungen.“

Wenigstens mufs diefs bestimmt von der Wirkung in nicht unmittelbarer Berührung behauptet werden. Allein ich glaube auch hier, dafs vorzugsweise die mangelhafte Berührung der Grund zu der Abnormität in Berührung ist.

Wenn nun von HH. Lenz und Jacoby gesagt wird, dafs die *Totalwirkung* aller Windungen gleich der Summe der einzelnen ist, so mufs wenigstens hinzugesetzt werden „auf die *Inductionsspirale*“, denn unter *Totalwirkung* kann auch die *Anziehung* verstanden werden, was vielleicht Hr. Jacoby nicht gewollt hat, was aber doch auch von Physikern dabei gedacht wird. So sagt z. B. das Lehrbuch von Pouillet u. Müller Bd. 2. S. 209: Um beliebig *starke Magnete* zu machen, braucht man nur dickere Eisenstäbe anzuwenden, man braucht nur bei doppeltem, dreifachem etc. Querschnitt des Drahtes doppelt, dreimal etc. so viel Drahtwindungen um das Eisen herumzuführen, um eine doppelte, dreifache etc. *Wirkung* zu haben. Hier ist unter „*starke Magnete*“ und „*Wirkung*“ die Anziehung derselben verstanden.

Der andere Fall, in welchem eine vermehrte Windungszahl auftreten kann, ist, dafs die Windungen neben einander geordnet werden, und also die Spirale dadurch länger wird, einen längeren Theil des Eisenkerns bedeckt. Um diefs zu prüfen, hatte ich schon ein Beispiel in die-

sen Versuchsreihen XVII und XVIII, wo bei den letztern die doppelte Windungszahl neben einander liegt. Ist das Gesetz von den Quadraten richtig, so mußte es hier auch hervortreten, aber die Quadratzahlen mußten etwas zu klein seyn, da die Windungen weiter vom Berührungspunkte entfernt sind. Wir sehen, daß es sich wirklich so verhält. Die vierte Colonne ist nahezu das 16fache von der ersten.

Ich nahm nun noch meine früheren Spiralen und umgab den 12" langen $\frac{3}{4}$ " dicken Magneten zuerst mit einer, dann mit zweien etc. bis auf 6 Spiralen (d. h. 336 Windungen) immer so, daß der Abstand der nächsten Spirale $\frac{3}{4}$ " von der Endfläche war.

XXI. Anziehung des 12" langen $\frac{3}{4}$ " starken Magneten durch verschiedene Spiralen magnetisirt bei dem Strom 20°.

	1 Spir.	2 Spir.	3 Spir.	4 Spir.	6 Spir.
Berührung	0,25 Pfd.	1,1 Pfd.	1,85 Pfd.	3 Pfd.	3,4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Uindr.	0,1	0,32	0,67	1	1,3
$\frac{1}{2}$ " "	0,07	0,22	0,46	0,72	0,97
$\frac{3}{4}$ " "	0,05	0,17	0,38	0,58	0,75
1 " "	0,044	0,14	0,32	0,45	0,62
2 " "		0,08	0,17	0,26	0,34
3 " "		0,05	0,11	0,17	0,22
4 " "			0,08	0,12	0,16
5 " "			0,061	0,09	0,12
6 " "			0,045	0,07	0,093

Wir finden auch hier dasselbe Resultat. Die Zahlen sind etwas kleiner als der Quadrat der Anzahl der Windungen. Wir bemerken aber ferner, daß das Verhältniß der Anziehung immer enger wird, je mehr die Windungszahl sich vergrößert. — Abgesehen von der Anziehung in Berührung ist die Anziehung einer Spirale zu der von 2 etwas größer als 1 : 3, ebenso ist die von 2 : 4 Spiralen noch größer als 1 : 3, die von 3 : 6 Spiralen ist genau = 1 : 2, die von 1 : 3 Spiralen = 1 : 7, dagegen die von 2 : 6 Spiralen etwas größer als = 1 : 4, und endlich die von 4 : 6 Spiralen = 3 : 4.

Was die Anziehung in Berührung anbetrifft, so sind auch hier wie bei den früheren Fällen die Resultate für die passenden Verhältnisse zu klein.

Wir finden mithin aus diesen Versuchen:

- 1) „Wenn die Windungszahl vergrößert wird, doch so, daß die Windungen neben einander geordnet werden, so findet nicht das vollkommene Verhältniß der Quadrate der Anzahl der Windungen statt.“

Die Zahlen sind etwas kleiner, liegen jedoch den Quadraten nach näher als dem einfachen Verhältniß, bis dieß erst bei größerer Längenausdehnung der Spirale eintritt; d. h.

- 2) „Die verhältnißmäßige Zunahme der Anziehung ist bei verhältnißmäßiger vermehrter Windungszahl um so geringer, je mehr Windungen schon vorhanden sind.“

(Schluß im nächsten Heft.)

III. Ueber die Thätigkeit der meteorologischen Stationen in Georgien. Aus einem Berichte an den Fürsten Woronzow und aus Briefen an die HH. L. v. Buch und A. v. Humboldt; von Hermann Abich.

I. Aus dem Bericht an den Fürsten Woronzow.

Seit Ende des Jahres 1847 ist an sieben Orten in Georgien ein System regelmässiger Beobachtungen des Baro-, Thermo- und Hygrometers, der Windesrichtung und der Menge des gefallenen Regens und Schnees in unausgesetzter Thätigkeit.

Die vergleichende Tafel, welche diesem Berichte angehängt ist, enthält die Mittelwerthe eines jeden Beobachtungs-Elements (mit Ausnahme des Barometerstands) für