IV.

*Von dem in allen Metallen durch Vertheilung zu
erregenden Magnetismus;*

vom

Dr. T. J. SEEBECK.

Bei Gelegenheit der ersten Nachricht von Hrn. Arago's merkwürdigen Versuchen über die Einwirkung der Metalle auf die Schwingungen einer Magnetnadel, im Bd. LXXIX. S. 343 dieser Annalen, ist schon gesagt worden, daß Hr. Dr. Seebeck sogleich den neuen Gegenstand weiter verfolgt, und in einer Sitzung der K. Akademie hieselbst, am 9. Juni des vorigen Jahres, eine große Anzahl Versuche über denselben mitgetheilt habe. Von dieser unter dem obigen Titel gehaltenen Vorlesung die Hauptresultate vorläufig zur Kenntniß des physikalischen Publikums zu bringen, ist der Zweck des gegenwärtigen Aufsatzes.

Die von Hrn. Arago gemachte Entdeckung hat bekanntlich gelehrt, daß Metalle und mehrere andere Körper, auf die Schwingungen einer über ihnen befindlichen Magnetnadel eine hemmende Wirkung ausüben, die von der Art ist, daß die Schwingungsweiten mehr oder weniger beträchtlich verringert, die Schwingungszeiten aber isochronisch werden. Diese Thatsache, gewissermaßen die umgekehrte von der, durch welche Coulomb im J. 1812 die Empfänglichkeit aller Körper für den Magnetismus nachgewiesen hat, liegt sämmtlichen Erscheinungen im neuen Ge-

biete zum Grunde, und sie ist es daher auch, auf deren weitere Verfolgung der Hr. Verfasser bis jetzt alleinig seine Aufmerksamkeit gerichtet hat.

Zunächst stellte der Hr. Verf. einige Versuche an, um die Erscheinung im Allgemeinen kennen zu lernen. Eine Magnetonadel, die an einem Coconsaden über einer Marmorplatte hängend, 116 Schwingungen vollbrachte, bevor sich die Schwingungsweite, die anfänglich 45° betrug, auf 10° verringert hatte, wurde nach einander über verschiedenen Metallplatten schwingen gelassen. Ueber einer *Zinkplatte*, von $5\frac{3}{4}$ " im Geviert und $\frac{1}{2}$ " Dicke, betrug, zwischen denselben Amplituden, die Zahl der Schwingungen 70 bis 71; über einer *Kupferplatte* von gleicher Größe und $0''',3$ Dicke hingegen nur 61 bis 62. Beide Scheiben gleichzeitig, und zwar die Kupferscheibe oberhalb liegend, unter die Nadel gebracht, verminderten jene Zahl auf 47 bis 48. Je mehr solcher Zink- und Kupferscheiben unter die Nadel gelegt wurden, um so kleiner wurde die Anzahl der Schwingungen, besonders wenn die Kupferscheiben der Nadel zunächst lagen. Als 4 Zinkscheiben, unmittelbar aufeinander liegend, zugleich mit 4 auf sie gelegten Kupferscheiben, unter die Nadel gebracht wurden, machte diese, zwischen den angeführten Amplituden, nur 25 Schwingungen. Jene 8 Platten abwechselnd über einander geschichtet, so daß eine Kupferscheibe oben lag, wirkten nicht völlig so stark; der Schwingungen geschahen 26 innerhalb jener Grenzen. Eine eben so kräftige Verringerung bewirkte eine einzige Kupferplatte von $0''',9$ Dicke; obgleich ein Paar der Zink-Kupferplatten doch auch $0''',8$ in Dicke maß.

Aus dem letzten Versuche schließt der Hr. Verf., daß die größere Verringerung der Schwingungszahl bei den abwechselnd geschichteten Zink - Kupferplatten nicht elektrischen Einflüssen zugeschrieben werden könne, sondern nur Folge sey der größeren Metallmasse in Verhältniß zu der bei den früheren Versuchen. Daß hier keine Elektrizität im Spiele war, ging ferner daraus hervor, daß eine Voltasche Säule, gebaut aus mehreren Paaren von Zink - Kupferplatten und einem flüssigen Leiter, in *ungegeschlossenem* Zustande, nicht anders auf die Magnethadel wirkte, als eine gleiche Anzahl Paare von Metallplatten, die durch trockne Pappscheiben getrennt waren.

Der Hr. Verf. stellte nun mehrere Versuche an, um den Einfluß der GröÙe der Metallmassen auszumitteln, und fand dabei, daß die Wirkung nicht ins Unbestimmte mit dieser wachse, sondern bald eine Gränze erreiche. Zwischen den vorhin erwähnten Elongationen machte die Nadel

über 1 Kupferplatte	.	.	26 Schwingungen		
- 2 dergleichen	.	.	17—18	-	-
- 3 " "	.	.	14	"	"
- 4 " "	.	.	13	"	"
- 5 " "	.	.	12	"	"
- 6 " "	.	.	12	"	"
- 7 " "	.	.	11	"	"
- 8 bis 45 "	.	.	11	"	"

Die angewandten Kupferplatten hielten $4\frac{7}{8}$ " im Geviert und waren $\frac{3}{8}$ " dick. Bei Zinkplatten von gleicher GröÙe und $\frac{2}{8}$ " Dicke waren die Verhältnisse mit derselben Nadel folgende:

über 1 Zinkplatte geschahen 51 Schwingungen

- 2 dergleichen	-	-	47	-	-
- 3	-	-	42	-	-
- 4	-	-	42	-	-

Vier dieser Zinkplatten kamen in Dicke 9 und im Gewicht 5 der Kupferplatten gleich. Man sieht hieraus, was sich auch noch weiterhin bestätigt findet, daß Kupfer beträchtlich stärker wirkt als Zink.

Ferner überzeugte sich der Hr. Verf., daß die Wirkung der Metalle auf die Magnetnadel, im geraden Verhältniß zu deren Abstand von der letzteren steht, und daß die Wirkung nicht geändert wird, wenn sich in dem Zwischenraume Luft, Glas, Holz, oder Pappe befindet.

Erwärmung der Metallscheiben schien keinen bedeutenden Einfluß zu haben, wenigstens war die Zahl der Schwingungen über einer bis zum Anlaufen erhitzten Kupferplatte genau so groß, als über einer kalten.

Das Vermögen, die Schwingungsweiten der Magnetnadel zu verringern, ist bei den verschiedenen Metallen sehr ungleich. Nachstehende Tafel enthält die Hauptresultate der in dieser Hinsicht von dem Hrn. Verf. angestellten Versuche. Die Magnetnadel war $2\frac{1}{8}$ '' lang und schwebte 3''' hoch über den Körpern. Die erste Amplitude betrug 45°, die letzte 10°, zwischen beiden war die Anzahl der Schwingungen folgende:

über einer Marmorplatte	.	.	116 Schwingungen
- Quecksilber, 2''' dick	.	.	112 - -
- Wismuth, 2'''	.	.	106 - -
- Platina, 0''',4	.	.	94 - -

über Antimon,	2''' ₀ dick	.	.	90 Schwingungen
- Blei,	0''' ₇₅	-	.	89 - -
- Gold,	0''' ₂	-	.	89 - -
- Zink,	0''' ₅	-	.	71 - -
- Zinn,	1''' ₀	-	.	68 - -
- Messing,	2''' ₀	-	.	62 - -
- Kupfer,	0''' ₃	-	.	62 - -
- Silber,	0''' ₃	-	.	55 - -
- Eisen,	0''' ₄	-	.	6 - -

Wird hier zugleich die Dicke der Metallplatten berücksichtigt, so würde *Platina* und *Gold*, als das dünnste von allen, in der Reihe tiefer zu stehen kommen. Die Länge und Breite der Platten war verschieden.

Eine Vergrößerung der Platten über den Theil von ihnen, der bei den Schwingungen unterhalb der Nadel zu liegen kommt, trägt nichts zur Verstärkung der Wirkung bei; wohl aber wird die Wirkung geschwächt, wenn die Platten kleiner als jener Theil gemacht werden. Daher wirken Stangen nur dann, wenn die Nadel beim Schwingen nicht über sie hinweggeht; sie wirken also gar nicht, wenn sie in Richtung von Ost nach West gelegt werden. Ueber einem 12" langen und 5''' dicken Kupferstabe, wenn er im magnetischen Meridian lag, machte die Nadel 49 bis 50 Schwingungen, wenn er aber senkrecht gegen den Meridian gelegt worden, machte diese 116 Schwingungen, also genau so viel, als, zwischen denselben Amplituden, über einer Marmorplatte. Aus eben dem Grunde ist die Wirkung nur schwach, wenn die Nadel bloß mit ihren Spitzen über den Metallen schwebt, oder wenn dieselbe im Innern von Ringen schwingt. Eine Nadel, die für sich 50 Schwingungen

machte, machte deren innerhalb eines 6''' dicken und 4'' im Lichten haltenden Kupferringes, 26; in einem Abstände von 5''' über einer 0'',6 dicken Kupferplatte hingegen 19; verfiel sich immer zwischen denselben oft angeführten Amplituden.

So wie im Allgemeinen die Anzahl der Schwingungen einer Magnetnadel, zwischen gleichen Amplituden, verschieden ist nach der Natur der metallischen Unterlage, so muß sie im Allgemeinen auch verschieden seyn nach der Natur der schwingenden Nadel. Der Hr. Verfasser hat in dieser Beziehung einige vergleichende Versuche zwischen einer *Nickelnadel* und einer *Stahlnadel* angestellt. Die erstere war 2'' lang, und machte für sich, zwischen den genannten Amplituden, 114 Schwingungen; die letztere war 2½'' lang, und machte 120 Schwingungen für sich. Die Schwingungszahlen dieser Nadeln waren:

					Stahlnadel	Nickelnadel
über einer 0'',3 dicken Kupferplatte					61 — 62	78 — 79
- - 0,9	-	-	-		29 — 30	44 — 45
- - 0,4	-	-	-		44	71 — 72
- - 1,0	-	-	-		67 — 68	89 — 90

Zu bemerken ist jedoch, daß die Stahlnadel etwas schwerer war, und etwas höher über den Metallen schwebte, als die Nickelnadel. Die größere Zahl der Schwingungen bei der Nickelnadel ist übrigens eine Folge der schwächeren Intensität dieser Nadel.

Von dem durch Hrn. Arago bemerkten Isochronismus der Schwingungen überzeugte sich der Hr. Verfasser durch folgende Versuche.

Eine 2½ Zoll lange Magnetnadel machte über 6 Kupferplatten von 4½ Zoll im Geviert und 0,9 Linien

dick, zwischen den Amplituden 45° und 10° , genau 12 Schwingungen innerhalb 20 Sekunden 32,5 Tertien. Dieselbe Nadel machte, zwischen denselben Amplituden, über *einer* jener Kupferplatten 26 Schwingungen; 12 derselben wurden im Mittel aus mehreren Versuchen innerhalb 20 Sekunden 29,6 Tertien vollbracht. Dieselbe Nadel machte zwischen denselben Amplituden, über einer Marmorplatte 120 Schwingungen, und die Dauer von 12 derselben betrug im Mittel 20 Sekunden 41,8 Tertien.

Ueber einer mit *Eisenfeilspähnen* und Baumwachs dünn überstrichenen und mit Papier bedeckten Pappscheibe machte die nämliche Nadel, zwischen gleichen Amplituden wie vorhin, 60 Schwingungen, von denen 12, im Mittel, eine Dauer von 20 Sekunden 38,6 Tertien befaßen.

Der Hr. Verfasser geht nun zur Theorie dieser Klasse von Erscheinungen über, und spricht sich ungefähr folgendermaßen aus:

Wie alle Körper im Lichte leuchtend werden, so werden auch alle magnetisch durch Magnete; doch giebt es für beide Zustände, den leuchtenden wie den magnetischen, unzählige Abstufungen. Brugmans und Coulomb nennen uns eine große Anzahl von Körpern, welche dem Magnete folgen. Unter diesen zeichnen sich vorzüglich die Metalle aus, welche, wie auch unsere Versuche bestätigen, durch Magnete am leichtesten und stärksten zu gleicher Thätigkeit und zur Gegenwirkung gegen die ihnen zugewandten Pole angeregt werden. Denn nur in sofern, als sie durch *Vertheilung* magnetisch werden, sind die verschiedenen Metall-Scheiben, -Stäbe, und -Ringe im Stau-

de, die Weite der Schwingungsbögen der Magnetnadel zu vermindern. Die Magnetnadel selbst setzt sich ihre Hemmung, indem sie in den *unter* und *neben* ihr befindlichen Metallen die entgegengesetzten Pole hervorruft. Und da sie nun dasselbe an jedem Punkte thut, *über* oder *neben* dem sie schwebt, so muß ihre Bewegung nothwendig vermindert werden, und dies um so mehr, eines je höheren Grades von Magnetismus das in der Nähe der Magnetnadel aufgestellte Metall fähig ist.

Die Magnetnadel wird also auch, wenn sie ihrer ganzen Länge nach über einer Metallscheibe schwingt, wo jeder Theil derselben bis zum magnetischen Mittelpunkt der Nadel hin hemmend wird, in ihren Schwingungsbogen eine stärkere Verminderung erleiden müssen, als innerhalb eines Metallringes. Denn in letzteren erregt zwar das Ende der Nadel bei gleichem Abstände auch mit gleicher Stärke den entgegengesetzten Magnetismus, wie über einer Metallscheibe; die übrigen Theile der Nadel aber müssen um so schwächer wirken, je größer ihr Abstand von der Nadel ist.

Wenn nun der Magnetismus, welchen die Nadel in den unter ihr liegenden Metallen erregt, und die Rückwirkung dieses Magnetismus auf den der Nadel, die Ursache der Verminderung der Schwingungsbogen ist, so werden *schwache* Magnetnadeln, unter übrigens gleichen Umständen, eine *geringere* Verminderung in der Weite ihrer Schwingungsbogen erleiden müssen, als *stärkere* Magnetnadeln. Dies bestätigt sich durch das Verhalten der *Nickelnadel*.

Wenn nun ferner die Vermehrung der unter der

Nadel angehäuften Metallmassen, über eine gewisse Gränze hinaus, keinen Einfluß weiter auf die Schwingungsbogen hat, wie oben gezeigt worden; und wenn hierans folgt, daß die Stärke des in den Metallen durch Vertheilung erregten Magnetismus, in umgekehrtem Verhältniß des Abstandes der Theile von der Magnetnadel steht; so werden *starke* Magnetnadeln in *größeren* Metallmassen einen wirksameren Magnetismus durch Vertheilung erregen müssen, als *schwache*, und es wird also auch hiedurch die Weite der Schwingungsbogen bei den stärkeren Magneten eine beträchtlichere Verminderung erleiden.

Die Resultate einiger vergleichender Versuche, welche der Hr. Verf. in dieser Beziehung mit einer 7 Gran schweren *Magnetnadel*, und einem *Magnetstab* von 11 Drachmen an Gewicht und $5\frac{3}{4}$ Zoll Länge anstellte, entsprachen völlig der Erwartung.

Die leichte Nadel, welche 30 Schwingungen machte, zwischen den Amplituden 40° und 10° , machte innerhalb derselben Gränzen über einer Kupferplatte von $4\frac{7}{8}$ Zoll im Geviert und $0''{,}9$ Dicke, 21 Schwingungen, über

2 solcher Platten . . .	19 Schwingungen		
3 - - . . .	17	-	-
4 - - . . .	15	-	-
5 - - . . .	15	-	-
6 - - . . .	15	-	-
9 - - . . .	15	-	-

Der Magnetstab, bei dem die Amplitude von 45° sich erst nach 500 Schwingungen auf 10° verringerte, machte über *einer* jener Kupferplatten 32 Schwingungen

über 6 derselben	. . .	12 Schwingungen
- 10	- . . .	10 - -
- 20	- . . .	9 - -
- 30	- . . .	9 - -

Die Wirkung der Metalle auf die in einer Horizontalebene *) schwingende Magnetnadel, fährt der Hr. Verf. fort, besteht also in einer nur vorübergehenden, an jeder einzelnen Stelle durch die Magnetnadel selbst hervorgebrachten Hemmung der Bewegung, und es ist diese derjenigen Hemmung zu vergleichen, welche die Nadel durch die Torsionskraft eines Fadens oder Drahtes, an dem sie hängt, oder durch die Friction einer Metallspitze, auf der sie ruht, erleidet. Denn auch bei der durch Friction bewirkten Hemmung bleiben die Schwingungen einer Magnetnadel isochronisch, die Bogen mögen groß oder klein seyn. Folgender Versuch mit einer Branderschen $8\frac{3}{4}$ Zoll langen Declinationsnadel bestätigt dies.

Auf einer Stahlspitze schwebend, machte diese Nadel, zwischen den Amplituden 45° und 10° , genau 26 Schwingungen, und brauchte dazu, im Mittel aus mehreren Versuchen, $1' 12'' 54'''$.

Am Coconfaden hängend machte sie, zwischen den angeführten Amplituden, 103 Schwingungen, von denen 26, im Mittel aus mehreren Versuchen, eine Dauer von $1' 12'' 15'''$ befalsen.

*) Dafs die Wirkung der Metalle nicht blofs auf die horizontal schwebende Nadel eingeschränkt sey, versteht sich von selbst. Der Hr. Verf. hat indeß auch Versuche mit der Neigungsnadel angestellt. P.

Auch der Magnetismus der Erde, bemerkt der Hr. Verf., muß eine magnetische Polarität in den Metallen hervorrufen, und diese muß ebenfalls auf das Spiel der Nadel von Einfluß seyn. So lange aber die Polarität der Nadel, oder vielmehr die richtende Kraft derselben, überwiegend bleibt, kann dieser Einfluß nur darin bestehen, daß er die Zahl der Schwingungen der Nadel *vermehrt*, weil der terrestrische Magnetismus Pole in den Metallscheiben erregt, die gleichnamig mit denen der über ihnen schwebenden Nadel sind, woraus Abstoßung, also Beschleunigung der Nadel, erfolgt. Bei den hier angestellten Versuchen war indeß der Einfluß der Erde zu vernachlässigen.

In mehr als einer Beziehung wichtig schien es jetzt dem Verfasser, zu untersuchen, wie die Metalle, welche, wie das *Eisen*, *Nickel*, *Kobalt*, durch Vertheilung einen beträchtlichen Grad von Magnetismus annehmen, sich in ihrer Verbindung mit solchen Metallen verhalten würden, die jenes Vermögen zu schwächen im Stande sind. Der Hr. Verf. ist hiebei zu einigen *sehr merkwürdigen* Resultaten gelangt.

Zu den jenes Vermögen schwächenden Metallen zählt man das *Antimon*, welches nach den Angaben von Gellert und Rinmann eine beträchtliche Menge von Eisen enthalten kann, ohne dadurch einer magnetischen Polarisation fähig zu werden.

Durch einen Versuch mit einem Alliage von 4 Thl. *Antimon* und 1 Thl. *Eisen* wurde diese nicht nur bestätigt, sondern es ergab sich aus demselben auch das merkwürdige Resultat, daß beide Metalle dieser

Verbindung in einander gegenseitig das Vermögen, durch Vertheilung magnetisch zu werden, bis zu dem Grade schwächen, daß es als Null angesehen werden kann. Denn eine Magnetnadel, welche über einer 36 Quadratzoll großen und 2 Linien dicken Scheibe von källichem *Antimon*, in 90 Schwingungen von 45° Amplitude auf 10° gekommen war, machte über einer Scheibe von jenem Alliage aus *Antimon* und *Eisen*, welche der vorigen an Volumen gleich kam, 116 Schwingungen innerhalb jener Amplituden, d. h. genau so viel, als sie frei und nur über einer dünnen Papierscheibe schwebend vollbracht hatte.

Eine ähnliche Wirkung, wie in der Verbindung mit *Eisen*, zeigte das *Antimon* auch in der Verbindung mit *Kupfer*. Ueber einer 4 Linien dicken und 5½ Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe eines Alliages von 3 Thl. *Kupfer* mit 1 Thl. *Antimon* machte eine Nadel 105 Schwingungen, die für sich, ohne metallische Unterlage, zwischen denselben Amplituden, 116 Schwingungen machte.

Alliagen von gleichen Theilen *Kupfer* und *Antimon*, und von 1 Thl. *Kupfer* und 3 Thl. *Antimon*, bewirkten dagegen wieder eine Verringerung der Weite der Oscillationsbogen. Ueber einer 5 Linien dicken Stange des ersteren machte die Nadel 96, und über einer Stange des letzteren Alliages 100 Schwingungen.

Auch durch Zusatz von *Wismuth* wird das magnetische Polarisationsvermögen des Kupfer verringert, und zwar in demselben Verhältniß, als die

Menge des Wismuths zunimmt, wie folgende Versuche zeigen. Ueber 5''' dicke und 10'' lange Stangen von Alliagen aus

3 Thl. Kupfer u.	1 Thl. Wismuth	geschahen	94 Schwingungen
1 - - -	1 - - -	- - -	100 - -
1 - - -	3 - - -	- - -	104 - -

Wie Antimon und Eisen, so zerstören, nach des Hrn. Verfassers Versuchen, auch *Kupfer* und *Nickel* wechselseitig in einander die Empfänglichkeit für den Magnetismus. Ein unmittelbar unter der Magnetnadel liegender, 1 Fuß langer, 7 Lin. breiter und 0,4 Lin. dicker Streifen eines Alliages aus 2 Thl. *Kupfer* und 1 Thl. *Nickel* bewirkte *nicht die geringste* Verminderung in der Weite der Schwingungsbogen; obgleich ein Streifen *Kupferblech*, von gleichen Dimensionen mit jenem, derselben Nadel, welche für sich 116 Schwingungen machte, nur 49 mal innerhalb derselben Amplitude zu schwingen erlaubte.

Aus diesem Versuche zieht der Hr. Verfasser die für die Praxis wichtige Folgerung, daß sich zu Bouffolen am besten ein Alliage von Kupfer und Nickel eigne, da es sich leichter wie ein Alliage von Antimon und Eisen verarbeiten lasse, und durch Vertheilung nicht magnetisch werde. Auch Packfong hält der Hr. Verfasser für anwendbar zu diesem Behufe, aber nicht in dem Grade, wie jene Kupfer-Nickellegirung; doch würde man es brauchbarer machen, wenn man ihm etwas Antimon zusetzte. Ueber einer $3\frac{1}{2}$ Lin. dicken und $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe aus dem von Hrn. v. Gersdorf in Wien bereiteten *Packfong* machte eine Magnetnadel

104 bis 105 Schwingungen, welche, zwischen denselben Amplituden, für sich deren 116 vollendet.

Andere Legirungen, die der Hr. Verfasser späterhin prüfte, hatten wieder einen bedeutenden Einfluß auf die Nadel. Ueber einer 4 Lin. dicken und $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe einer Legirung von 18 Kupfer, 2 Antimon und $1\frac{1}{2}$ Zink, machte die Nadel 81 Schwingungen; über einer $3\frac{1}{2}$ Lin. dicken und 3 Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe von Glockengut, bestehend aus 5 Thl. *Kupfer* und 1 Thl. *Zinn*, machte dieselbe 82 Schwingungen. Zwischen gleichen Amplituden machte die nämliche Nadel ohne Unterlage 116 Schwingungen.