
ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1826, DRITTES STÜCK.

I.

Ueber die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperaturdifferenz;

VON

Dr. T. J. SEEBECK.

(B e f c h l u f s.)

45. Die in §31 (S. 17) angeführten Platin-, Gold- und Kupferforten wurden nicht blofs magnetifch, wenn ihrer zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder Blechstreifen mit einander verbunden waren, wo dann schon eine mäfsige Erwärmung eines der Berührungspunkte eine nicht unbeträchtliche Polarität erregte; sondern die meisten dieser Metalle wurden auch dann noch magnetifch polar, als sie nur *einfache* und durchaus gleichartige Kreife bildeten, und ein Theil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt wurde. Ein gleiches Verhalten zeigten mehrere andere Metalle, von denen einige zu den *homogensten* gezählt werden müssen, die überhaupt zu diesen Versuchen angewandt worden. Alle *einfachen* Kreife erforderten jedoch, um in gleichen magnetischen Zustand mit den aus zwei Sorten eines Metalles

zusammengesetzten Ketten verletzt zu werden; eine bedeutend stärkere partielle Temperaturerhöhung als diese.

Am Stärksten wurde die magnetische Polarität in den *einfachen* Metallkreisen gefunden, wenn ein Theil derselben sich im fließenden oder glühenden Zustand befand, und wenn die Enden des die Boussöle umschließenden gleichartigen Metallbogens wechselseitig in den fließenden Theil eingetaucht wurden; oder wenn das eine Ende eines nicht oxydirbaren Metallbogens glühend mit dem andern kalten Ende desselben in Berührung gebracht wurde.

Durch Cupellation gereinigtes Silber zeigte bei diesem Verfahren folgendes Verhalten. Wurde das *untere* Ende des die Boussöle umschließenden Silberbogens in das in *Süden* stehende, *fließende*, gleichartige Metall getaucht, das *obere* Ende nachher, so erfolgte eine *östliche* Declination der Magnetnadel; wurde hingegen das *obere* Ende *zuerst*, das *untere* *zuletzt* eingetaucht, so war die Declination *westlich*. Vollkommen in Ruhe blieb aber die Nadel, wenn die beiden kalten Enden des Bogens *zugleich* in das fließende Metall eingetaucht wurden. Eine gleiche obwohl schwächere Wirkung auf die Magnetnadel fand auch dann noch Statt, als das Silber im Tiegel bereits erstarrt war und aufgehört hatte zu glühen, wofür nur das eine Ende des Bügels längere Zeit mit jenem in Berührung blieb als das andere.

Ein gleiches Verhalten bei gleicher Lage der Theile, zeigten unter diesen Umständen *Zink* und *Gold* No. 2.

Entgegengesetzte Declinationen der Magnetnadel

gaben aber auf diese Art *Platina* No. 1, *Kupfer* No. 1 und No. 2, und *Messing* No. 2.

Blei (sowohl käufliches als gereinigtes) und Zinn hingegen zeigten in Form von einfachen Bogen auch unter den scheinbar günstigsten Bedingungen *keine* Wirkung auf die Magnetnadel. Eine deutliche, ja sogar eine ziemlich lebhaftere Declination der Magnetnadel fand aber Statt, wenn die Enden des die Boussole umgebenden *Zinnes* in fließendes *Blei*, oder umgekehrt, wenn die Enden eines Bogens von *Blei* auf die mehrmals erwähnte Art in fließendes Zinn eingetaucht wurden.

Die folgende Tafel giebt die Declinationen der Magnetnadel, welche innerhalb der einfachen Kreise aller untersuchten Metalle Statt fanden, wenn die Enden der Bogen in *Süden* lagen; und das *obere* Ende das *heißere* war:

Einfache Metallbogen	Declinationen der Magnetnadel innerhalb derselben.
1) Wismuth	schwach östlich
2) Nickel	ziemlich lebhaft östlich
3) Legirung	
aus { Kupfer 2 Th. }	sehr schwach östlich
{ Nickel 1 - }	
4) Palladium	stärker östlich
5) Platin No. 1	- östlich
7) Kupfer No. 0	ungleich, <i>östlich</i> sowohl als <i>westlich</i>
11) Gold No. 1	zuerst <i>östlich</i> , stärker erhitzt <i>westlich</i>
12) Kupfer No. 1	- östlich
13) Messing No. 2	zuerst östlich, stärker erhitzt westlich
16) Blei	Null
17) Zinn	Null
18) Platina No. 3	sehr schwach <i>östlich</i>
21) Kupfer No. 2	stärker <i>östlich</i>

24) Gold No. 2	stärker <i>weslich</i>
25) Silber	- <i>weslich</i>
26) Zink	- <i>weslich</i>
29) Platin No. 4	Null
30) Cadmium	stärker <i>weslich</i>
31) Stahl	schwach <i>weslich</i>
32) Stabeisen	- <i>weslich</i>
34) Antimon	ungleich, in einigen <i>weslich</i> in andern <i>östlich</i> .

Wismuth und *Antimon* sind wegen ihrer Sprödigkeit, und *Eisen*, *Stahl* und *Nickel* wegen ihrer die Beweglichkeit der Magnetnadel hemmenden Wirkung nicht wohl als einfache Bogen anzuwenden. Von diesen Metallen waren Stangen und Blechstreifen, von mindestens einem Fuß Länge an Spiralen oder Blechstreifen von solchen dehnbaren Metallen befestigt, welche mit jenen nur schwach magnetisch werden und es war sowohl bei diesen Versuchen als bei denen zur Reihenbestimmung unternommenen die Vorsicht beobachtet worden, die Enden jener Stangen entweder nur mäßig oder nur momentan stark zu erhitzen, auch war nicht eher zu einem zweiten Versuch geschritten worden, als bis diese sich gänzlich abgekühlt hatten, damit jede aus der Temperaturveränderung am Berührungspunkt der beiden den Bogen bildenden Metalle zu befürchtende Störung vermieden werde.

In den Bogen von *Platin* No. 1, von *Silber*, *Gold* No. 2 und *Palladium* (welche Metalle sämtlich zu den dem chemisch reinem Zustande am nächsten kommenden gehörten) war bei allen Graden der Temperaturdifferenz die magnetische Polarisation ihrer Richtung nach dieselbe geblieben. Unter den Körpern, die eine *ungleiche* oder eine *veränderliche* magnetische Polarität zeigten, befand sich eine Legirung (Messing

No. 2) und drei Metalle (Gold No. 1, Kupfer No. 0. Antimon), von denen zwei entschieden eine fremdartige Beimischung enthielten. In den Bogen von *Gold* No. 1 und *Messing* No. 2 schien die Mischung der Bestandtheile sehr gleichförmig zu seyn, denn beide Enden derselben verhielten sich auf den beiden eine entgegengesetzte Polarität bewirkenden Stufen der Temperaturdifferenz ziemlich gleich. Im *Kupfer* No. 0 und dem *Antimon* war eine bleibende Verschiedenheit der beiden Enden der Bogen die Ursache ihrer zwiefachen magnetischen Polarisation. Diefs ergab sich daraus, daß die Declination der Magnetnadel schon bei den ersten Graden der Temperaturdifferenz der beiden Enden entgegengesetzt ausfiel, je nachdem das eine oder das andere Ende das obere und zugleich das heißere war. Zwei Streifen von Kupfer No. 0* zeigten ein gleiches Verhalten bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile. Beide Enden dieser Bogen verhielten sich in den ersten Graden der Temperaturdifferenz jedoch immer gleich gegen die zunächst stehenden Metalle, Platina No. 1 und Gold No. 1, und daraus folgt, daß sich die beiden Enden eines Bogens von diesem Kupfer, wie zwei Metalle von geringer Heterogenität verhielten. In einigen der aus *Antimon*stangen zusammengesetzten Bogen erfolgte bei gleicher Lage ihrer in der Temperatur verschiedenen Theile immer eine *westliche*, in andern immer eine *östliche* Declination; selten jedoch verhielten sich die vier Enden der mit einander verbundenen Stangen in der Wirkung gleich. Gegen *Tellur* und *Arfenik* verhielten sich alle jene verschiedenen *Antimon*stangen mit allen Enden gleich.

46. Nach diesen Erfahrungen war es wichtig zu erforschen, ob wohl Ringe, welche aus *Antimon*, und andern ihm ähnlichen Metallen in einem Guße gefertigt worden, magnetischpolar gemacht werden könnten. Versuche mit in Sandformen gegossenen Ringen und rechteckigen Rahmen vom besten hier im Handel vorkommenden *Antimon* gaben bejahende Resultate; doch war die Polarisation bei Erwärmung gewisser Stellen am stärksten, bei Erwärmung anderer am schwächsten, oder fehlte auch gänzlich. So z. B. war die Polarität in einem 0",5 dicken und 6" im Durchmesser haltenden Ringe von *Antimon* die Polarität am *stärksten*, wenn einer der beiden Punkte *a* und *b* Fig. 1 Taf. V. allein erwärmt wurde; es war aber keine Polarität an demselben zu bemerken, wenn einer der Punkte *c* oder *d* erwärmt wurde. Bei Erwärmung eines zwischen *a* und *b* liegenden Punktes war die magnetische Polarisation verhältnißmäßig um so *stärker*, je näher er *a* und *b*, und um so *schwächer* je näher er *c* oder *d* lag. Bei gleichzeitiger und gleich starker Erwärmung von *a* und *b* blieb der Ring unmagnetisch, wie vorher, als die Temperatur desselben überall gleich war. Es geht hieraus hervor, daß dieser scheinbar homogene Ring aus zwei ungleichen einander entgegengesetzten Hälften bestand, die, wie auch weitere Versuche bestätigten, sich als heterogene Metalle gegen einander verhielten, nämlich *a c b* als ein westliches und *a d b* als ein östliches Metall aus der magnetischen Reihe. In einem andern Ringe von *Antimon* hatten jene vier Hauptpunkte eine andere Lage gegen einander und gegen die Eingußstelle, welche sich in dem vorigen Ringe in *a* befand. Auch in kei-

nem der rechteckigen Rahmen war die Lage jener Punkte der in den andern völlig gleich; doch alle diese Körper bestanden aus zwei einander entgegengesetzten, obwohl meist ungleichen Hälften,

Auch Versuche mit massiven gegossenen Ringen und Rahmen von käuflichen *Wismuth* zeigten, daß bei dem Guss sich eine Heterogenität in diesem bilde, die beträchtlich genug sey, um unter ähnlichen Bedingungen wie beim Antimon eine deutliche Polarität zu begründen. In einem Ringe von *Wismuth* lagen die beiden die stärkste Polarität erregenden Punkte in *a* und *b*, Taf. V, Fig. 2, einander beinahe diametral gegenüber und fast in gleichem Abstände von der Eingussstelle *g*. Die Hälfte *acb* verhielt sich als *westliches* und *adb* als *östliches* Metall.

Diese zur magnetischen Polarisation dieser Apparate erforderliche Heterogenität der Theile konnte aus einer während des Gusses sich bildenden ungleichen, doch regelmäßigen Vertheilung der der Hauptmasse entweder ursprünglich beigemischten, oder während der Bearbeitung erst hinzugekommenen fremdartigen Körper erklärt werden. Hiernach konnte man eine stärkere magnetische Polarität, als in den bisher angewandten einfachen Ringen, in ähnlichen, aus einigen der oben angewandten Alliageen verfertigten, Apparaten erwarten. Ein Versuch mit einem aus einer Mischung von 8 Thl. *Antimon* mit 3 Thl. *Zinn* gegossenen rechteckigen Rahmen gab ein dieser Ansicht günstiges Resultat. Denn wenn die Declination der Magnetnadel in Rahmen von Antimon, welche mit jenem gleiche Größe hatten und gleich stark erwärmt wurden, höchstens 2 bis 3 Grade betrug, so stieg sie in den

Rahmen von Alliage, bei Erwärmung gewisser Stellen bis auf 10° , während sie bei Erwärmung anderer Stellen auch hier Null blieb.

In einem gegossenen Rahmen von Messing war nicht eine Spur von magnetischer Polarität bemerklich zu machen. In dehnbaren und strengflüssigen Alliagen scheint sich überhaupt nicht so leicht wie in spröden und leicht flüssigen Alliagen die zur magnetischen Polarität nöthige Heterogenität zu bilden. Eben so wenig konnte an den, vor der Temperaturveränderung geschlossenen, einfachen Kreisen von den reinsten der dehnbaren Metalle, wie z. B. von Platina No. 1, Gold No. 2, Silber und Kupfer No. 2 eine magnetische Polarität entdeckt werden. So war es auch nach allen im vorhergehenden Paragraphen angeführten Thatfachen zu erwarten, und die Versuche mit geschlossenen Kreisen bestätigten also, daß keine bleibende, sondern nur eine vorübergehende Heterogenität die Ursache der schwachen magnetischen Polarisation sey, die bei Schließung zum Kreise eintritt *).

*) Alle diese Versuche wurden der Akademie am 16. Aug. und 18. Oct. 1821 vorgelegt. Als später der Ring (Fig. 1. Taf. V.) von Antimon zerbrochen wurde, so fand sich, daß sich die beiden Hälften desselben, welche sich als heterogene Theile gegen einander verhalten hatten, in der krySTALLINISCHEN Structur verschieden waren. Die Hälfte, welche *östliche* genannt wurde, hatte ein feinkörniges krySTALLINISCHES Gefüge, die *westliche* Hälfte dagegen war sternförmig krySTALLISIRT. Diese Verschiedenheit der KrySTALLISATION ist eine Folge der ungleichen Art der Abkühlung des Metalls. Beim Gießen der Ringe wird nämlich der Theil der Form, durch welchen das Metall zuerst fließt, heißer als der übrige Theil; es erhält sich also in jenem länger flüssig und krySTALLISIRT langsamer als in dem kälteren

47. [Der Hr. Verfasser entwickelt in diesem Abschnitt seine Ansichten über die Bedingungen, welche zur Erzeugung, Aufhebung, und Umkehrung eines freien Magnetismus in den einfachen homogenen Metallbogen nöthig sind und zeigt alsdann, wie sich diese auf

Theil, wo das Metall schon abgekühlt ankommend, plötzlich erstarrt, und dadurch ein feinkörniges, unregelmäßiges Gefüge annimmt. Alle in kalten Formen (zumal in eisernen) gegossene Stangen von Antimon wurden entweder der ganzen Länge nach, oder doch an dem *unteren* Ende *feinkörnig* krystallisirt gefunden; die oberen Theile von diesen (unter dem Eingufs) und die in erwärmten Formen gegossenen Stangen waren dagegen sternförmig krystallisirt, d. h. in Strahlen krystallisirt, welche von der äusseren Fläche gegen die Mitte zu angeschossen waren.

Wurden solche Stangen von Antimon auf die Art kreisförmig mit einander verbunden, dafs man das *untere* Ende der einen mit dem *oberen* Ende der anderen in Berührung setzte, so verhielten sie sich wie die beiden Theile jenes Ringes von Antimon. Welches der Enden auch das wärmere war, immer stand das *untere* (feinkörnig krystallisirt) in *Osten*, das *obere* (sternförmig krystallisirt) in *Westen*, wenn der warme Berührungspunkt sich unten befand und die Kette mit ihrem π Pol gegen Norden gerichtet war. Wurden hingegen die gleichartigen Enden jener Stangen mit einander in Berührung gebracht, so fanden zwei verschiedene Polarisationen Statt. Waren es die Enden aus dem unteren Theil der Form, welche verschiedene Temperatur besaßen, so stellte sich jedesmal das *kältere* Ende in Osten, das *wärmere* in Westen. — Gegen *Arsenik* und *Tellur* verhielten sich jene beiden *Antimonstangen*, wie sie auch verbunden seyn mochten, mit beiden Enden gleich. Auch die Bruchstücke vom *Antimonringe* zeigten mit allen Flächen gegen Eisen ein gleiches Verhalten.

Am *Wismuth* und an dem Alltage aus *Antimon* mit Zink war eine solche Verschiedenheit in der krystallinischen Structur wie am *Antimonringe* nicht zu bemerken.

die zweigliedrigen Ketten übertragen lassen. Dieser Abschnitt ist indess leider keines Auszuges fähig. Nur als Andeutung der Theorie des Hrn. Verfassers möge hier das Folgende ausgehoben seyn. Für das Uebrige muß ich den Leser der sich für diesen Gegenstand besonders interessirt auf das Original verweisen. (P.)

Wird ein Metallbogen an dem einen Ende a erwärmt, so wird er dadurch in einen Zustand versetzt, welchen wir mit $\mp x$ bezeichnen wollen. In der Richtung, in welcher sich die Wärme in den übrigen kälteren Theilen des Bogens verbreitet, setzt sie überall jenen $\mp x$ Zustand, und in der entgegengesetzten Richtung, d. h. in der, in welcher die Erkältung der heißesten Theile erfolgt, oder in welcher die Kälte sich vom anderen Ende b des Bogens fortpflanzt, wird in den Körper $\pm x$ gesetzt. Die Wärmeleitung in diesen Körpern ist also nach der einen Seite zu ein Erwärmungs- und nach der entgegengesetzten Seite zu ein Erkältungsact, und es befindet sich der noch offene Bogen an jedem Punkte in der Richtung der Längendimension, nach der einen Seite zu in einem $\mp x$ und nach der anderen Seite zu in einem $\pm x$ Zustande, doch ist das Verhältniß dieser $\mp x$ und $\pm x$ Zustände in jedem Theile ein anderes.

War nun $\mp x$ am a Ende, und $\pm x$ an b überwiegend, und dort (in den noch offenen Bogen) der Uebergang in den $\pm x$, und hier der Uebergang in den $\mp x$ Zustand am schwächsten gewesen; so wird dadurch, daß a und b (nachdem sie aus der Wärme- oder Kälte-Quelle entfernt worden) mit einander in Berührung gebracht werden, der schon begonnene Uebergang von a in $\pm x$ und von b in $\mp x$ Zustand, plötzlich beschleunigt.

nigt, und die *Wärme* wird, sich von *a* aus nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin ausbreitend, aber einen ungleichen Widerstand findend, so wie die *Kälte* sich von *b* aus nach entgegengesetzten Richtungen fortpflanzend und gleichfalls ungleichen Widerstand findend, in dem ganzen geschlossenen Kreise eine Spannung seines $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes bewirken, welche um so stärker ist, je größer die Differenz der $\mp x$ und $\pm x$ Zustände von *a* und *b* ist, je größer also auch der Widerstand ist, den *a* der Einwirkung von *b* und *b* der Einwirkung von *a* entgegengesetzt, indem das erstere in einem höheren $\mp x$ Zustande und *b* in einem höheren $\pm x$ Zustande zu beharren und langsamer in die entgegengesetzten Zustände von \pm und $\mp x$ überzugehen strebt, als jedes von beiden durch das andere überzugehen angeregt wird. — Wie nun an diesem, von dem Berührungspunkte ausgehenden, und hier am stärksten bestehenden Kampfe alle Theile des Kreises Antheil zu nehmen genöthigt sind, so ist es die allgemeine Spannung, in welche der ganze Kreis hindurch versetzt wird, und die oscillirende Bewegung, durch welche das Gleichgewicht des $\mp x$ und $\pm x$ Zustandes in allen Theilen des Kreises sich herstellt, aus welchem die magnetische Polarisation desselben hervorgeht.

In einem gleichen polaren Gegensatze, wie die in der Temperatur verschiedenen Theile der einfachen Bogen, befinden sich alle Metalle unserer magnetischen Reihe gegen einander, und es verhalten sich je zwei derselben, welche mit einander zum Kreise verbunden worden, in einem doppelten Gegensatze von $\mp x$ und $\pm x$, und zwar in der Art, daß dasjenige, welches $\pm x$

ist, an dem einen Berührungspunkte a , sich als $\pm x$ Körper an dem anderen Berührungspunkte b verhält, in dem zugleich das andere Metall am Berührungspunkte a sich als $\pm x$ und in b als $\mp x$ Körper gegen das erstere verhält.

48*). Nach den, schon im § 45 genannten, Erfahrungen über die Veränderlichkeit des Standes der fremdartige Beimischungen enthaltenden Metalle in der magnetischen Reihe bei verschiedenen Temperaturständen (zu welchen in dem vorhergehenden Paragraph noch ein Beispiel mehr in dem Alliage von 3 Thl. Kupfer und 1 Thl. Antimon aufgeführt wird, welches zum zweigliedrigen Kreise mit Zink verbunden seine Polarität umkehrt, ehe noch das Zink fließt, hingegen mit Kupfer No. 2 verbunden auch bei ziemlich starker Erwärmung des einen Berührungspunktes keine Umkehrung der Polarität erleidet), mußte sich die Frage aufdrängen, ob nicht außer Gold No. 1 auch die übrigen in § 31 S. 17 vorkommenden, gleichnamigen und mit verschiedenen Nummern bezeichneten Metalle, nach stärkerer Erhitzung eines der Berührungspunkte derselben, in der Verbindung mit den zwischen ihnen liegenden Metallen, eine andere Stellung gegen diese erhalten möchten als in den bisherigen Versuchen nach mäßiger Erwärmung, besonders nachdem es sich ergeben hatte, daß dies nicht bloß bei beträchtlicher Temperaturerhöhung des einen Berührungspunktes unter Kupfer No. 1, sondern auch unter Blei und Platina No. 3 herabrücke.

*) Die Versuche in diesem Paragraphie sind sämtlich am 11. Febr. 1822 angestellt worden, weshalb auch dieser § als ein später hinzugefügter mit einem * bezeichnet worden ist.

Es wurden daher in dieser Beziehung mehrere Metalle zu zweigliedrigen Kreisen verbunden und mit ihnen bei *höheren* Temperaturen, übrigens aber auf ähnliche Art wie in § 31, Versuche angeestellt. Die so gefundene für höhere Temperaturdifferenzen geltende Reihenfolge der Metalle, welche auf ähnliche Weise zu interpretiren ist, wie die in § 31, zeigt die nachstehende Tafel.

Oestlich

- 1) Wismuth
- 2) Nickel - Legirung
- 3) Palladium
- 4) Platin No. 1.
- 5) Platin No. 3.
- 6) Platin No. 4.
- 7) Blei
- 8) Zinn
- 9) Stahl
- 10) Stabeisen

- 11) Messing No. 1.
 - 12) Kupfer No. 0.
 - 13) Kupfer No. 1.
 - 14) Gold No. 1.
 - 15) Kupfer No. 2.
 - 16) Gold No. 2.
 - 17) Zink
 - 18) Silber
 - 19) Antimon
- Westlich*

Kupfer No. 1 trat schon bei Erhitzung des einen Berührungspunktes durch zwei Lampen unter *Blei* und *Zinn*; *Kupfer* No. 0 nahm aber erst entschieden die Stelle unter *Zinn* und *Messing* No. 1 an, wenn diese Metalle sich im *fließenden* und *glühenden* Zustande befanden. *Messing* No. 1 rückte schon bei mäßiger Erhitzung unter *Blei* und *Zinn*. *Gold* No. 1 bei der bis zum Glühen getriebenen Erhitzung beider Metalle über *Kupfer* No. 2; es ist aber wohl kaum zu zweifeln, daß es sich auch *unter* dieses und dem *Golde* No. 2 näher stellen werde, wenn es sich im Flusse befindet, und wohl noch früher.

Das reine *Platin* No. 1 finden wir in dieser Tafel unverändert an derselben Stelle, welche es in der

Reihe § 31 (S. 17) eingenommen hatte. Die *Platinaforten* No. 3 und No. 4 dagegen, deren tieferer Stand in der Reihe, bei den ersten Versuchen, fremdartigen Beimischungen zugeschrieben wurde, sehen wir hier, nach stärkerer Erhitzung des einen Berührungspunktes derselben, mit allen zwischen den äußersten Gränzen jener Platinaforten der ersten Tafel befindlichen Metallen, über diese zu der reinen Platina hinaufgerückt, gleichsam als ob die Platina in jenen Legirungen No. 3 und No. 4 erst in höherer Temperatur vorwirkend würde und als ob vorher die Beimischungen oder die mit fremdartigen Theilen vermischte Platina (als einfacher Körper angesehen) das Uebergewicht gehabt und die magnetische Polarisation bestimmt hätte.

Ferner findet sich der *Stahl*, welcher rothglühend war, sogar über Kupfer No. 0 und Messing No. 1 hinaufgerückt und auch weiches Stabeisen *) an derselben Stelle zwischen Zinn und Messing No. 1. Dem vermehrten Gehalt an Kohlenstoff im Stahl und Eisen, ihnen zugeführt aus der zur Erwärmung angewandten

*) Am Stabeisen hat Hr. Cumming, Professor zu Dublin, welcher meine thermomagnetischen Versuche seinerseits weiter verfolgt hat, zuerst ein doppeltes Verhalten gegen *Zinn, Silber, Kupfer, Gold* und *Messing*, je nachdem eine stärkere oder schwächere Hitze angewendet wird, wahrgenommen. Das Kupfer von Hrn. Cumming scheint unserm Kupfer No. 2 gleich zu seyn; dann aber ist das Gold von Hrn. C. nicht chemisch reines, sondern den oben in der Tafel § 42 mit *k* bezeichneten Goldstücken ähnliches gewesen. Hrn. Cummings Versuche und Beobachtungen findet man in den *Annals of Philosophy* No. 23, September und November. [Da die Versuche des Hrn. C. weit unvollständiger sind als die unsers Hrn. Verfassers, so halte ich es nicht für nöthig, sie hier einzuschalten. (P.)]

Weingeistflamme, mag wohl vorzüglich die veränderte Stellung derselben gegen die vom *Zink* bis zum *Messing* No. 1 in Tafel S. 265 genannten Metalle zuzuschreiben seyn. Jener Kohlenstoff kann aber nur schwach mit dem Eisen und Stahl verbunden seyn, da beide bei abnehmender Hitze wieder in ihre ersten Stellen unter den Zink zurücktreten. Diese Erscheinung stimmt mit den in § 43 angeführten Thatfachen wohl überein. — Ueber *Zinn* und *Blei*, welche sich in Tiegeln im glühenden Fluß befanden, erhoben sich weder das *Eisen* noch der *Stahl*, vielleicht nur deshalb nicht, weil hier kein Zuwachs von Kohlenstoff in denselben Statt fand.

Außerdem nehmen in der letzten Tafel noch *Silber* und *Zink* eine andere Stelle ein, wie in § 31. Das Zink, schleifisches, wie es hier im Handel vorkommt, finden wir hier nach stärkerer Erhitzung zwischen Kapellen-Silber und reinem Golde. Wurde ein die Bouffole umschließender, halb aus diesem *Zink* und halb aus feinem *Silber* bestehender Bogen mit fließendem und bis zum Glühen erhitzten Zink geschlossen, so erfolgte, wenn das den unteren Theil des Bogens bildende Silber, in das, in Süden stehende, fließende Metall zuerst und der Zinkstreifen zuletzt eingetaucht wurde, eine *östliche* Declination von ungefähr 40° Bewegung und ungefähr 15° festen Stand der Magnetnadel, woraus sich der in der letzten Tabelle angegebene Stand des Zinkes ergibt. Wurde dagegen der Zinkstreifen *zuerst* und der Silberstreifen *zuletzt* in das glühende Zink getaucht, so erfolgte zuerst eine *westliche* Declination, die aber, wenn der Kreis geschlossen blieb, bald in eine *östliche* überging, und *östlich* blieb, so

lange das fließende Metall rothglühend war. Hatte die *westliche* Declination $15^{\circ} - 20^{\circ}$ Bewegung der Nadel betragen, so war die nachher folgende stehende *östliche* Declination $7^{\circ} - 8^{\circ}$. Nur so lange das Zink glühte, fand in dieser Lage der Glieder des Kreises eine östliche Declination Statt; wie das Zink aber kälter wurde, so erfolgte immer nur westliche Declination, nicht bloß, wenn der *Zinkstreifen*, sondern auch wenn der *Silberstreifen* zuerst in das fließende Metall eingetaucht wurde, übereinstimmend mit den früheren Beobachtungen, denen zufolge *Silber* über *Zink* in der Reihe § 31 gesetzt worden war.

Zink glühend und selbst *brennend*, mit Kupfer No. 2 desgleichen mit *Gold* No. 3 zum Kreise verbunden, blieb unverändert *unter* diesen Metallen stehen.

Wismuth und *Antimon* behaupteten auch nach Erhitzung bis zum Glühen ihre ersten Stellen an den äußersten Enden der Reihe, ja sie wurden dann viel stärker magnetisch als in niederen Temperaturgraden, *glühendes Wismuth* in der Verbindung mit *Platin* No. 1 und *Antimon* in der Verbindung mit glühendem und brennendem *Zink*.

Von den leichtflüssigen Metallen waren in Thontiegeln bis zum Glühen erhitzt worden:

<i>Blei</i>	[in den Kreisen mit Kupfer No. 0, Platin No. 1, Eisen und Zinn.
<i>Zinn</i>	- - - Kupfer No. 0, Platin No. 1, Eisen, Stahl und Blei.
<i>Zink</i>	- - - Kupfer No. 2, Silber, Gold No. 2, Blei, Zinn und Antimon.
<i>Antimon</i>	- - - Platin No. 1.
<i>Wismuth</i> ²	- - - Platin No. 1.
<i>Messing</i>	- - - Kupfer No. 0.

In allen übrigen in letzterer Tabelle angeführten Versuchen waren die Metallstangen und Blechstreifen mit messingenen Schraubenzwingen (doch getrennt von diesen durch Porzellanscheibchen) an einander befestigt und über einer doppelten Weingeißlampe erhitzt worden.

Eine Erscheinung verdient noch angeführt zu werden, welche an einigen zweigliedrigen Kreisen der letzten Art mehrmals wahrgenommen wurde. In Kreisen von *Kupfer* mit Antimon oder von Kupfer mit Zink wurde nämlich bei schneller, starker Erhitzung des einen Berührungspunktes von Zeit zu Zeit ein Klang gehört, wobei jedes Mal die Magnetnadel, deren Bewegung etwas gestockt hatte, plötzlich weiter rückte und von dem erreichten Stande nicht wieder zurückkehrte. Auch bei der Abnahme der Declination, nach ausgelöschten Lampen, glaubte ich einige Mal eine solche plötzliche Beschleunigung in der nur rückgängigen Bewegung der Magnetnadel bemerkt zu haben. Selbst anhaltende *Töne* wurden in einem jener zweigliedrigen Kreise gehört, namentlich in Kreisen von Messing und Zinn, desgleichen von *Messing* und *Blei*, wo sogar Doppeltöne, ein sehr tiefer und ein hoher, beide schwach, doch sehr deutlich zu hören waren. Die magnetische Polarisation in diesen beiden Kreisen war dabei sehr schwach; die Declination der Magnetnadel innerhalb derselben betrug nicht $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad.

49. Sobald gefunden war, daß eine magnetische Polarität nicht nur in *einfachen Metallbögen* (§. 45), sondern auch in scheinbar homogenen, *gegoffenen Metallringen* (§. 46) hervortreten könne, so ließe sich

wohl erwarten, daß auch in *einfachen, geraden Metallstangen* und in *Scheiben* u. s. w. eine magnetische Polarität bei eintretender Temperaturdifferenz zu entdecken sey. — Die Erfahrung bestätigte dies, doch waren es nur die spröden, sich durch leichte KrySTALLISIRBARKEIT auszeichnenden leichtflüssigen Metalle und einige Alliagen, welche in der oben erwähnten Form eine deutliche obwohl schwache magnetische Polarität zeigten *).

Die ersten Versuche wurden mit viereckigen Stangen von *Antimon* von 6" Länge und 5" Dicke im Geviert oder von 10" Länge und 0",5 Dicke ange stellt. An den meisten derselben waren schwache magnetische Pole wahrzunehmen, wenn das eine Ende derselben, α und β Fig. 3 Taf. V, allein erwärmt worden war, und zwar lagen die Pole entweder an zwei einander gegenüber liegenden Seitenflächen oder noch häufiger an den entgegengesetzten Kanten der Stange. War z. B. das Ende α erwärmt worden, so lag an mehreren Antimonstangen der s Pol in a' und der n Pol in b' (Fig. 3 u. 4 Taf. V); die Kanten c' und d' verhielten sich der magnetischen Mitte der gewöhnlichen Magnetstäbe gleich.

Diese Stangen waren aber nicht der ganzen Länge nach polar, nicht s Pol von a' bis a'' , und n Pol von b' bis b'' (Fig. 3 Taf. V), sondern der durch Erwärmung von α polar gewordene Theil erstreckte sich nur auf einen kleinen Raum, an einer zehnzölligen

*) Alle in diesem und dem folgenden Paragraph vorkommenden Versuche zu Beobachtungen sind d. K. Akad. am 25. Oct. 1821 vorgelegt.

Stange auch bei plötzlicher und ziemlich starker Erhitzung, nicht bis über ihre Mitte ab hinaus. Das Ende β , welches weder erwärmt noch erkältet worden war, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadel.

Der Magnetismus war immer in dem ersten Moment nach der Erwärmung des Endes der Stange am stärksten, nahm aber sehr bald ab, wie sich die Wärme in demselben weiter ausbreitete. An den kalten Metallstäben, eben so wie an den der Länge nach gleichförmig erwärmten, war keine Spur von Polarität zu entdecken. Es war übrigens auch hier gleich, wie die Stangen erwärmt wurden, ob über Lampen oder auf heißen Bolzen.

In der Lage und Stärke der Pole stimmen selten zwei Metallstangen mit einander überein, und auch in der Polarisation einer und derselben Stange findet man nach alleiniger Erwärmung jeder derselben eine beträchtliche Verschiedenheit.

Tritt an einer Stange von Antimon, bei Erwärmung des Endes α der s Pol in a' und der n Pol in b' (Fig. 3) hervor, so kann nach alleiniger Erwärmung des Endes β gleichfalls an der Kante a'' der s Pol und in b'' der n Pol liegen. An einer andern Stange von Antimon, welche sich der vorigen am Ende α gleich verhält, findet man dagegen, bei Erwärmung des Endes β , den n Pol in a'' und den s Pol in b'' (Fig. 3 u. 4); und an einer dritten Stange desselben Antimons, welche sich den beiden vorhergehenden in α gleich verhält, kann man am Ende β den n Pol in c'' und den s Pol in d'' (Fig. 3) oder umgekehrt finden, oder auch an zwei einander gegenüber liegenden Seitenflächen; ja es kann die magnetische Polari-

sation nach Erwärmung von β so schwach seyn, daß kaum eine Wirkung derselben auf die Magnethadel wahrzunehmen ist, während die Polarität nach Erwärmung des Endes α sehr deutlich gewesen war. Manche Antimonstangen werden auch, welches Ende man *allein* erwärmen mag, immer nur höchst schwach, kaum merklich polar.

Werden die beiden Enden der Stange α und β zugleich erwärmt und bleibt die Mitte derselben kalt, so findet man α und β eben so polarisirt, wie vorher, da sie einzeln erwärmt worden waren.

Werden die Stangen in der Mitte (*abcd* Fig. 3) *allein* erwärmt und bleiben die beiden Enden kalt, so zeigt sich abermals eine magnetische Polarität, und zwar eine doppelte, die eben so, wie die vorhin beschriebene, am stärksten ist in der Nähe der erwärmten Stellen, und abnimmt nach den Enden α und β zu. Die Pole haben in den verschiedenen Stangen auch verschiedene Lagen. An denjenigen Antimonstangen, welche als die *regelmäßigsten* anzusehen war (eine Benennung, die weiter unten gerechtfertigt werden wird), wurden, nach Erwärmung der Mitte *abcd* Fig. 3 *links* von a ein n Pol und links von b ein s Pol, — dagegen rechts von a ein s Pol und rechts von b ein n Pol gefunden (Fig. 4).

Wenn eine Stange von *Antimon* gleichförmig erhitzt worden (was am besten auf einem heißen Bolzen geschieht), so sind an ihr keine Pole zu entdecken. Sobald aber ein Theil jener Stangen plötzlich abgekühlt wird, treten neue Pole hervor, die denen bei partieller Erwärmung desselben Theiles der Stange entstandenen entgegengesetzt sind. Hatte z. B. eine An-

timonstange nach Erwärmung des Endes α (Fig. 3 Taf. V) den s Pol in α' , den n Pol in β' , so liegt an derselben Stange, nachdem sie gleichförmig erwärmt und in α abgekühlt worden, der n Pol in α' und der s Pol in β' . Das Nämliche gilt für jedes Ende der Stangen, und überhaupt für alle einer magnetischen Polarisation fähigen geraden Metallstangen, wie verschieden auch die Lage der Pole an beiden Enden, der Mitte u. s. w. seyn mag. Die Abkühlung der heißen Stangen kann im *Wasser* oder *Weingeist* geschehen, der Erfolg bleibt immer derselbe; auch läßt sie so wenig wie die partielle oder totale Erwärmung der Stangen eine bleibende Veränderung in denselben zurück. Nach jeder neuen Erwärmung findet man die Pole an denselben Stellen und in gleicher Stärke, wie bei der ersten Erwärmung und vor der plötzlichen Abkühlung. Ist das Ende α durch Abkühlung polar geworden, so wird β , welches nicht abgekühlt worden, bis zur Mitte der Stange unpolar gefunden, analog dem Verhalten der kalten und bloß in α erwärmten Stange am Ende β .

Der Magnetismus hält sich in den *einfachen* geraden Metallstangen von der angegebenen Dicke länger als in dünnen Stangen, die übrigen Dimensionen gleich gesetzt. — Nach dem Zerschneiden einiger der wirksamsten *Antimonstäbe* fand sich, daß diese oder die Enden derselben, welche eine stärkere magnetische Polarität bei partieller Erwärmung gezeigt hatten, *strahlen-* oder *sternförmig* gegen den Mittelpunkt zu krySTALLISIRT waren. Nur in wenigen der feinkörnig krySTALLISIRTE Stücke war die Polarisation jenen in der Stärke gleich, in den meisten schwächer, und dieje-

nigen, welche bei der Erwärmung am schwächsten polar gefunden wurden, waren alle ohne Ausnahme feinkörnig krySTALLIN.

Da die meisten jener Stangen aus *Antimon*, wie es im Handel vorkommt, bestanden, dieses aber ein wenig Eisen enthält, so wurde versucht, ob jene Stangen durch Streichen mit starken Magnetstäben eine Polarität annehmen. Dies erfolgte aber nicht; ja selbst Bruchstücke von Antimonstäben, die durch Temperaturveränderung leicht magnetisch wurden, folgten nicht einmal dem Magnet, als sie in Papierchälchen auf Wasser oder Quecksilber schwammen. Stangen von *reinem Antimon*, doch gegossen in eiserne Formen verhielten sich denen von *künstlichen Antimon* gleich.

Stangen von *Wismuth* verhielten sich ganz denen von *Antimon* gleich, aber an *einfachen geraden Stangen* von *reinem Platin*, *feinem Silber* (Brandfilber), *Messing* und geschmiedetem *Kupfer* war keine deutliche Polarisation, weder bei Erwärmung, noch bei Abkühlung eines Endes derselben, zu bemerken. Nur an einer einzelnen gegossenen Kupferstange zeigte sich ein höchst schwacher Magnetismus, doch keine regulären Pole. Eine gegossene *Zinkstange* bewirkte, nach Erwärmung ihres einen Endes, eine schwache, doch deutliche Bewegung der Magnetnadel und hatte bestimmte Pole.

Beträchtlicher war die magnetische Polarisation einiger Alliagen, namentlich der aus *Wismuth* mit *Kupfer*, und aus *Wismuth* mit *Antimon* gebildeten. Die *ersten* wurden in allen drei in §. 40 angeführten Verhältnissen, bei Erwärmung der Enden, stark

magnetisch, die letzteren wurden *schwächer*, doch immer deutlich polar. Die Alliagen von *Antimon* und *Zink* wirkten unter gleichen Umständen *stark* auf die Magnetnadel, die von *Antimon* mit *Kupfer* hingegen *schwach*.

In allen diesen Stangen kann nur dadurch eine Polarität bei partieller Erwärmung oder Abkühlung erfolgen, daß die oberhalb oder unterhalb der Pole gelegenen Theile der Stangen von verschiedener Beschaffenheit sind (im Mischungsverhältnisse, der Dichtigkeit, Härte, Wärmeleitung). Es unterscheiden sich also diese geraden oder einfachen Metallstäbe nur darin von den oben §. 46 angeführten gegossenen Ringen von *Antimon* und *Wismuth*, daß in jenen die beiden heterogenen Hälften unmittelbar ihrer ganzen Länge nach, in den Ringen aber nur die Enden mit einander in Berührung stehen. Wenn nun die schwache sich im Gufs jener Metalle und Metallmischungen bildende Heterogenität diesen schon das Vermögen zur magnetischen Polarisation ertheilen konnte, so war von Apparaten, in welchen *zwei verschiedene Metalle* der ganzen Länge nach durch Schmelzung mit einander verbunden werden, eine beträchtlich stärkere Wirkung zu erwarten.

In dieser Beziehung wurden mehrere zweigliedrige gerade Metallstangen gefertigt, namentlich aus *Wismuth* mit *Antimon*, aus *Glockengut* mit *Antimon*, aus *Kupfer* mit *Antimon*, und aus *Zink* mit *Antimon*, in welchen je zwei der genannten Metalle der ganzen Länge nach durch Schmelzung (nicht durch Löthung) mit einander verbunden waren (Fig. 5 Taf. V). Die magnetische Polarität in diesen Stäben

verhielt sich, nach partieller Erwärmung der Enden oder der Mitten derselben, genau so wie an den zuletzt erwähnten, ihnen ähnlichen *einfachen* Metallstäben, welche sie nur in der Stärke der Polarität übertrafen, nicht aber bedeutend in der Ausdehnung des bei der Erwärmung polarisirten Theils. In Fig. 5 ist die Lage der Pole an einem aus *Kupfer* und *Antimon* zusammengesetzten Stabe angegeben, welche nach Erwärmung der Enden α und β erscheinen, wenn die Mitte kalt ist, woraus zugleich zu ersehen, daß sich hier eben sowohl wie bei der Erwärmung der Mitte des Stabes, während die Enden desselben die gewöhnliche Temperatur behalten, Doppelmagnete bilden, wie oben beschrieben und Fig. 4 abgebildet worden. Giebt man der *zweigliedrigen* Stange Fig. 5 die Stellung, daß der heiße Berührungspunkt (z. B. das Ende α) sich *unten* befindet, während der π Pol derselben gegen Norden gerichtet ist, so findet man auch hier das in unserer magnetischen Reihe (§. 31 S. 17) tieferstehende Metall in *W*, das andere in *U*; also genau so wie in den zweigliedrigen Kreisen, von welchen sich die *zweigliedrigen* Stäbe nur durch schwächere Action unterscheiden.

Aus diesem für alle Arten von *einfachen* oder *zweigliedrigen Kreisen* und *geraden* Metallstangen geltenden Polarisationsgesetze ergibt sich also, daß jede Abweichung der Lage der magnetischen Pole von der Fig. 4 und Fig. 5 angeführten regelmäßigen Vertheilung derselben, als eine sichere Anzeige von einer Ungleichheit in der Lage der heterogenen Theile des Apparates anzusehen sey. Würde z. B. an der einfachen Metallstange Fig. 3 bei Erwärmung von α der

s Pol in a' , der n Pol in b' , bei Erwärmung von β der s Pol in c'' und der n Pol in d'' gefunden, so folgt daraus, daß die heterogenen Theile an beiden Enden der Stange sich in der unregelmäßigen Lage befinden, daß am Ende α das *westliche* Metall *oben*, das *östliche* *unten*, am Ende β aber das *westliche* Metall *vorn* in $a''a$, das *östliche* Metall *hinten* in $b''b$ liegt *).

Der aus *Kupfer* und *Antimon*, welcher in der Fig. 5 angegebenen Form ein Transversal - Magnet zu nennen war, wird leicht in einen, den gewöhnlichen

*) Auch in den einfachen geraden Stangen wird die zur magnetischen Polarität erforderliche Heterogenität durch eine bei dem Gusse erfolgende *ungleiche* Abkühlung des Metalles erzeugt. An einer Stange von *Antimon*, welche in einer *halb heißen* und *halb kalten* eisernen Form gegossen worden war, wurden bei partieller Erwärmung oder Erkältung deutliche *Pole* gefunden, und zwar an den einander gegenüberliegenden Kanten, wo die kalte und warme Hälfte der Form mit einander in Berührung gewesen waren. Wurde das *obere* Ende der Stange (α Fig. 3 Taf. V), welches *sternförmig* *krySTALLISIRT* war, *allein erwärmt*, so befand sich, indem der s Pol desselben in a' , der n Pol in b' lag, der Theil der Stange, welcher in der *heißen* Hälfte der Form erstarrt war, *oben*, der aus der *kalten* Hälfte der Form *unten*; $c'e$ verhielt sich also als *westliches* und $d'd$ als *östliches* Metall. Bei Erwärmung des *unteren* Endes β , welches *feinkörnig* *krySTALLISIRT* war, lag der s Pol gleichfalls an der Kante a'' , der n Pol in b'' , wenn der in der *heißen* Hälfte der Form erstarrte Theil der Stange sich *oben* befand; hier verhielt sich also $c''e$ als *östliches* und $d''d$ als *westliches* Metall.

An einer in *halb heißer* und *halb kalter* eiserner Form gegossenen Stange von Glockengut war, nach Erwärmung der Enden, keine solche magnetische Polarität zu entdecken, wie an jener Stange von *Antimon*,

Magnetstäben ähnlichen Longitudinal-Magnet verwandelt, wie aus Fig. 6 zu ersehen ist, wo die Kupfer- und Antimonplatten der ganzen Länge und Breite nach durch Schmelzung mit einander verbunden sind. In der Stärke und Dauer übertrifft dieser Longitudinal-Magnet Fig. 6, unter übrigens gleichen Umständen, den Transversal-Magnet Fig. 5 bedeutend.

50. Scheiben von *Antimon* oder von *Wismuth* wurden nach Erwärmung einzelner Theile derselben, in nicht minderm Grade magnetisch gefunden, als die einfachen Stangen von diesen Metallen, und zwar um so stärker, je dicker sie waren. Aus der Fig. 7 gegebenen Darstellung (worin *n* einen Nord- und *s* einen Südpol bezeichnet) der Polarisation einer 0",5 dicken Scheibe von *Antimon* ist zu ersehen, daß jeder Theil einer solchen Scheibe, nach Erwärmung jedes der einzelnen Punkte von *A* bis *F* und *D*, völlig in derselben Art polarisirt ist, wie es auch ein Segment der Scheibe gewesen seyn würde, wenn es in der Mitte allein in der Temperatur erhöht worden wäre. Eine so regelmäßige Lage der Pole wie die in Fig. 7 abgebildete Scheibe nach Erwärmung der einzelnen Punkte *A* bis *F* und *D* zeigte, findet man nur selten; gewöhnlich sind an einigen der einander nahe liegenden Punkte zwei gleichnamige Pole einander zugekehrt, wenn auch die Folge der Pole an den übrigen Punkten alternirend ist, wie in Fig. 7. In dieser Scheibe Fig. 7 unterschieden sich einige der erwärmten Punkte nur in der Stärke der Polarität von einander, auch lagen die entgegengesetzten Pole an der oberen und unteren Fläche der Scheibe bald der Kante näher, bald entfernter von derselben.

Eine *hohle*, in *einem* Guß gefertigte *Kugel* von *Antimon* wurde nach Erwärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch polar und zwar (analog der oben erwähnten Scheibe) völlig so, wie auch ein Segment der Kugel bei Erwärmung des Mittelpunktes desselben für sich polar geworden wäre, d. h. es zeigten sich dies- und jenfeit des erwärmten Punktes *A* an der äußeren Fläche ein *n* und ein *s* Pol. Jeder dieser Pole schien die Hälfte des Segmentes einzunehmen, so daß man in einer Ebene, welche wir die Aequatorialebene der Kugel nennen wollen, diesseits *A* einen *n* Pol und jenseits *A* einen *s* Pol, desgleichen in der die vorige rechtwinklig schneidenden Meridianebene oberhalb *A* einen *n* Pol und unterhalb *A* einen *s* Pol fand. Die Lage der Pole bei Erwärmung anderer Punkte der Kugel wich von der in *A* in manchen Stücken ab. Wäre jedoch die Polarisation an einem zweiten Punkte *B* der von *A* völlig gleich gewesen, so würde in der Aequatorialebene der *n* Pol von *B* dorthin fallen, wo der *s* Pol von *A* lag, der *n* Pol in der Meridianebene aber oberhalb *B* nahe neben den *n* Pol oberhalb *A*, und der *s* Pol unterhalb *B* nahe neben dem *s* Pol unterhalb *A*. Es ist also leicht einzusehen, daß in einer regulären Kugel, in welcher die sämtlichen in der Aequatorialebene liegenden, in der Temperatur erhöhten Punkte einander in der Polarisation gleich wären, die in der Aequatorialebene liegenden Theile der magnetischen Pole einander gegenseitig schwächen, und daß dagegen die in den Meridianebenen liegenden Theile jener Pole einander gegenseitig verstärken müssen, daß also die Polarität in den Meridianebenen schon hierdurch das Uebergewicht über

die in der Aequatorialebene erhält; daß ferner jene in den Meridianebenen *oberhalb* und *unterhalb* der Punkte *ABCD*, .. liegenden entgegengesetzten Pole noch beträchtlich verstärkt und ausgedehnt würden, wenn die Endpunkte jener Meridiane stark abgekühlt würden, während die Mitten derselben erwärmt werden; daß ferner jede im entgegengesetzten Sinne erfolgende Polarisation eines einzelnen Punktes in der Aequatorialebene die durch die Mehrzahl jener Punkte gesetzte Polarität des ganzen Körpers schwächen muß u. s. w.

51*. Eine viel stärkere magnetische Polarisation als jene einfache Metallkugel würde eine aus verschiedenen Erdarten, Erzen und Metallen zusammengesetzte Kugel zeigen, wenn die Erze und Metalle einen zusammenhängenden, symmetrisch geordneten Gürtel in derselben bildeten, und von den Berührungspunkten derselben einer um den andern in der Temperatur erhöht würden. Befänden sich in einer ähnlichen Kugel mehrere einander parallel laufende Erz- und Metallgürtel, so würde die magnetische Polarität dieser Kugel stärker seyn, als die der vorigen von einem einfachen Erz- und Metallgürtel (von gleicher Dicke mit einem der Gürtel in dieser) in einem der größten Kreise durchzogenen Kugel, wenn die Ordnung aller in jenen Parallelzonen gelegenen Metalle und Erze gleichartig wäre, und die Temperatur-Differenz je zweier einander zunächst liegenden Berührungspunkte der in der erstgenannten Kugel gleich wäre. Die magnetische Polarität einer solchen mehrere parallele Erz- und Metallgürtel enthaltenden Kugel kann aber *schwächer* seyn, als die der Kugel mit einfachem Gürtel, wenn entweder die Ordnung der Metalle und Erze in einer beträchtlichen Zahl von Gliedern in jenen Gürteln der Ordnung in den übrigen entgegengesetzt, und die Temperatur-Verschiedenheit der alternirenden Berührungspunkte in allen jenen Gürteln gleich wäre, — oder wenn die Ordnung der Metalle und Erze in allen jenen Gürteln zwar gleich, aber die Folge und Ordnung vieler der heißen und kalten Berührungspunkte unsym-

mettisch wäre; da in beiden Fällen ein Theil der Gliederpaare die durch die übrigen gesetzte magnetische Polarität aufheben würde.

Als eine solche, von Erz- und Metallgängen durchzogene Kugel, kann die Erdkugel, welche wir bewohnen, angesehen werden. Ueberall, wo nur Differenz der Temperatur an den Berührungspunkten der mit einander zusammenhängenden Erz- und Metallgänge Statt findet, wird Magnetismus hervorgerufen werden, welcher um so stärker seyn muß, je größer die Zahl der in gleichem Sinne wirkenden Gänge und je größer das Volumen derselben ist. Die in der Temperatur erhöhten Berührungspunkte werden dort liegen, wo die atmosphärische Luft zum Innern der Erdrinde bis auf beträchtliche Tiefen hinab Zutritt hat, also an den Orten, wo sich Vulkane befinden oder in der Nähe derselben. Die kalten Berührungspunkte jener Erz- und Metallgänge wird man aber dort zu suchen haben, wo die Luft direct keinen Zutritt hat; und an solchen Punkten wird es ohne Zweifel im Innern der Erdrinde auch nicht fehlen. Wodurch auch der chemische Proceß, welcher die Vulkane erzeugt, eingeleitet werde, so wird doch der Zutritt der atmosphärischen Luft denselben befördern, und so wird er auch die etwa durch Einwirkung des Wassers auf Erze oder Metalle schon begonnene Temperaturerhöhung beträchtlich steigern, wie analoge in unsern Laboratorien vorkommende Erscheinungen erwarten lassen.

Es ist, wie leicht einzusehen, eben nicht eine unerlässliche Forderung, daß die Temperaturerhöhung durch Einwirkung der atmosphärischen Luft den Berührungspunkt zweier verschiedenen Erze und Metalle unmittelbar treffe; eine magnetische Polarisation wird auch dann entschieden Statt finden, wenn der mit dem Vulkan zusammenhängende Theil des Metall- und Erzganges sich in der Nähe des Berührungspunktes desselben mit einem andern Metall oder Erze befindet, und wenn der nächstfolgende Berührungspunkt derselben in der Temperatur bedeutend tiefer steht.

Die beiden großen Herde unterirdischen Feuers in der Nähe des Erdäquators, die von *Mexiko*, *Guatimala* und *Quito*, — desgleichen die von den *Sandainseln*, den *Molukken* und *Philippinen* an der andern Seite des stillen Meeres, würden, durch Gänge von Metallen und Erzen mit einander zusammenhängend, in Ver-

bindung mit der Thätigkeit an den zwischen ihnen liegenden kälteren Berührungspunkten jener Erze und Metalle, für sich schon der Erde eine magnetische Polarität geben, welche eine entschiedene Wirkung auf die Declinations- und Inclinationsnadeln, wenn auch eine in manchen Stücken von der, welche wir jetzt auf der Erde finden, abweichende hervorbringen würde.

Die durch diese in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte der in der Aequatorialzone gelegenen Erz- und Metallgänge gesetzte Polarität der Erde würde noch beträchtlich *verstärkt* werden, wenn die übrigen zu beiden Seiten des stillen Meeres liegenden, zum Theil meridianartig auf dem magnetischen Aequator stehenden und die geographischen Meridiane unter kleinen Winkeln durchschneidenden Reihen-Vulkane, nämlich die von *Patagonien, Chili, Peru, Neu-Norfolk*, vielleicht auch die von jenen in der Richtung verschiedenen der Halbinsel *Alaschka* und der *Alcutischen Inseln*, — desgleichen die in der *West-Australischen* Reihe, den *Marianen-Inseln*, den *Japanischen* und *Kurilischen Inseln* und in *Kamtschatka*, gleichartig mit den beiden angeführten Herden unterirdischen Feuers in der Nähe der Aequatorialzone wirkten, indem die Ordnung der Metalle und Erze in jenen Parallelkreisen mit der in dieser Zone übereinstimmte. — Mögen diese Metall- und Erzgänge auch vielfach untereinander anastomofiren, ja mögen einzelne Theile jener oben als zusammenhängend angenommenen Erz- und Metallgürtel auch immerhin stellenweise unterbrochen seyn, und durch die unter oder über ihnen liegenden Gürtel ergänzt und in Zusammenhang mit entfernter liegenden Theilen derselben Zone gebracht werden, kurz, mögen diese Erz- und Metalladern vollkommen netzartig die Erdrinde durchziehen, so wird die magnetische Polarität des ganzen Erdkörpers durch die vermehrte Zahl der meridianartig vertheilten und in gleichem Sinne wirkenden, in der Temperatur verschiedenen Berührungspunkte immer beträchtlich *verstärkt* werden.

Manche jener durch Vulkane bezeichneten heißen Berührungspunkte der Erze und Metalle mögen immerhin im entgegengesetzten Sinne wirken, dem Erdkörper bleibt stets eine magnetische Polarität, wofern nur die Mehrzahl der Berührungspunkte in gleichem Sinne wirkt.

Noch eine dritte Reihe von meridianartig auf unserer Erde vertheilten Vulkanen könnte sich den beiden erstgenannten, das stille Meer einfassenden Vulkanzügen gleichwirkend verhalten, nämlich die Vulkane von *Island*, den *Azorischen*, *Canarischen*, *Cap Verdischen Inseln*, der *Insel Ascension* (* bis zur Insel *Marquis de Traverso* und dem *Sandwichlande* herab). — Ein unmittelbarer Zusammenhang dieser Vulkane mit einander von Norden nach Süden ist zu dieser Wirkung nicht erforderlich; jeder derselben kann für sich auf einen besondern Theil der Erz- und Metallgürtel wirken, so wie denn auch die Reihen-Vulkane in den erstgenannten beiden, das stille Meer einfassenden Zügen diesen Central-Vulkanen darin vollkommen gleichen möchten, daß die Herde derselben auch auf einen von den übrigen getrennten Raum beschränkt sind, welcher bei den ersteren vielleicht nur größer als bei den letzteren ist; wie es denn z. B. von dem Herde der Reihen-Vulkane in Mexico, welcher den Continent in einer Länge von 105 geographischen Meilen von *OgS* nach *WgN* durchschneidet, desgleichen vielleicht von den Aleutischen Inseln u. s. w. gilt, welche die Central-Vulkane wenigstens in einer Dimension übertreffen, ohne dadurch in ihrem Werthe als einfache Erregungspunkte des Magnetismus der Erde sich von den Central-Vulkanen zu unterscheiden. — Erstreckte sich der Herd von einem oder dem andern jener Reihen-Vulkane auf mehrere hundert Meilen von Norden gegen Süden, so könnte wohl mehr als ein Erz- und Metallgang mit demselben verbunden seyn; es zählen aber dann alle diese Gänge zusammen, in Beziehung auf die magnetische Polarisation des ganzen Erdkörpers, nur als ein einfaches Glied.

Wären nun jene drei den magnetischen Aequator meridianartig durchschneidenden Vulkanzüge gleichwirkend, so würde also die Mehrzahl der die magnetischen Erdpole setzenden Erz- und Metallgürtel *sechsgliedrig* seyn, und es würden zwischen jenen drei heißen Berührungspunkten drei kalte liegen müssen. Jene Gürtel können aber wohl theilweise durch die übrigen Vulkane, wie z. B. durch die der *Sandwichinseln*, desgleichen der *Marquesas*-, *Gesellschafts*- und *Freundschaftsinseln*, so wie auch durch die *Vulkane im Mittelmeere*, an *Arabien's Küste* und auf der *Insel Bourbon* in noch mehrere Glieder getheilt seyn, und auch wohl in fol-

che, die auf die magnetische Totalkraft der Erde schwächend einwirken, wie dieß z. B. durch die Vulkanherde der *Gesellschafts-* und *Fremdschaftsinseln* und einiger andern Inselgruppen bis zu den *neuen Hebriden* hin, desgleichen auch durch die der *Gallopagosinseln* oder der *Antillen*, so wie durch die *Vulkane im mittelländischen Meere* u. s. w. geschehen könnte.

Die Lage der verschiedenen Glieder in den Erz- und Metallgürteln betreffend ist zu bemerken, daß in allen, die magnetischen Erdpole ($+M$ in Norden und $-M$ in Süden) setzenden Gürteln dasjenige Erz oder Metall, welches bei dem hohen Temperaturgrade, dem es am heißen Punkte im Innern der Erde ausgesetzt ist, in unserer magnetischen Reihe die *höhere* Stelle einnimmt, am *heißen Berührungspunkte in Osten*, das in jener Reihe *tiefer* stehende in *Westen* liegt.

Die großen periodischen Veränderungen in der magnetischen Polarität der Metalle sind also eine Folge von Aenderungen der Verhältnisse der jene Polarität erregenden, in der Temperatur verschiedenen Punkte im Innern der Erde, und der daraus hervorgehenden Aenderungen in der magnetischen Polarisation der netzartig mit einander verbundenen Erz- und Metallgürtel. Die regelmäßige Fortschreitung der als magnetische Achse des ganzen Erdkörpers zu betrachtenden Linie während eines größeren Zeitraums kann nur bei einer gleichzeitig und in einer bestimmten Richtung Statt findenden Aenderung in dem Verhalten der Mehrzahl jener Punkte gegen einander, und wohl vorzüglich bei der Aenderung der nach gleicher Richtung sich fortpflanzenden Entzündungen oder sich weiter ausdehnenden Feuerherde eintreten. Der scheinbar so unregelmäßige Uebergang des Systems von Linien gleicher Declination innerhalb eines Zeitraums von hundert bis hundert und fünfzig Jahren wird nun minder paradox erscheinen, wenn man erwägt, daß in jenen größtentheils isolirt liegenden Feuerherden die Thätigkeit nicht immer gleich stark seyn mag, und daß manche derselben nur mit verhältnißmäßig schwachen Erz- und Metallgängen in Verbindung stehen mögen, oder mit Gängen, welche der Erdoberfläche nahe liegen, wodurch denn wohl locale, und nur auf kleinere Räume beschränkte Aenderungen in den Declinationscurven eintreten können.

Auch die merkwürdige Erscheinung, daß einzelne Linien der gleichen Declination unverändert blieben, während die übrigen sich in der Form beträchtlich veränderten, und daß an den Orten, welche unter jenen Linien liegen, selbst in dem beträchtlichen Zeitraum von hundert und fünfzig Jahren die Declination unverändert dieselbe blieb, wie namentlich in Jamaika, St. Catharina, an der Ostseite der Insel Madagascar, und in Cairo von 1675 bis 1789, besteht vollkommen mit den aus dem Zusammenhange des Erdmagnetismus in der hier angegebenen Form sich ergebenden Gesetzen, wie umständlicher an einem andern Orte nachgewiesen werden soll.

Die Lage des magnetischen Aequators gegen den geographischen Aequator der Erde zeigt an, daß die Mitte der den Erdkörper durchziehenden größeren Erz- und Metallgürtel in der Nähe des letzteren liegt, und daß der größte dieser magnetischen Erdpole setzenden Gürtel sich zum Theil nördlich, zum Theil südlich durch den Erdäquator hinzieht; und der Parallelismus der übrigen Curven, in welchen die Inclination der Magnetnadel gleich groß ist mit jenem magnetischen Aequator, spricht für die parallele Lage auch der übrigen, zur Erzeugung der magnetischen Erdpole mitwirkenden Erz- und Metallgürtel.

Die aus Herrn v. Humboldt's Untersuchungen sich ergebende Zunahme der Kraft des Erdmagnetismus vom magnetischen Aequator gegen die Pole zu, stimmt gleichfalls mit den sämtlichen in dieser Abhandlung, so wie in der Abhandlung über den Magnetismus der galvanischen Kette, in dem vorigen Bande der Denkschriften der Königl. Akademie, angeführten Thatsachen und den aus diesen abgeleiteten Gesetzen über die magnetische Polarisation der aus ein, zwei oder mehr Gliedern zusammengesetzten metallischen Kreise, Cylinder u. s. w. vollkommen überein.

Zu den für ein festes Verhältniß zwischen dem Erdmagnetismus und Erdvulkanismus sprechenden Thatsachen gehört auch die bei Erdbeben wahrgenommene Veränderung im Stande der Magnetnadel, vornehmlich die von Herrn v. Humboldt entdeckte bleibende Verminderung der Inclination der Magnetnadel bei dem Erdbeben von Cumana im Jahre 1799. Ob man berechtigt sey, auch die Veränderungen, welche bei Nordlichtern, Stürmen, Gewittern und plötzlichen Witterungsveränderungen bisweilen im Stande der

Magnetnadel eintreten, hierzu zu zählen, steht dahin; doch ist es wohl als sehr wahrscheinlich anzusehen, daß diese in unserer Atmosphäre sich ereignenden Erscheinungen nicht bloß auf den äußern Luftkreis der Erde allein beschränkt sind, sondern auch wohl mit den im Innern derselben vorgehenden chemischen Prozessen und deren verschiedenen periodischen Schwankungen in Verbindung stehen. Da nun Veränderungen der Magnetnadel häufig diesen meteorischen Erscheinungen vorhergehen, und *Canton's* Erfahrungen zu Folge die niedrigsten Nordlichter gerade den schwächsten Einfluß auf die Abweichung zeigen, so wird man die Veränderungen der Declination nicht diesen Meteoren selbst zuschreiben können, sondern man wird diese als gleichzeitig mit den magnetischen Veränderungen eintretenden, und also auch von derselben Ursache, welche die letzteren bewirkt, abhängigen Erscheinungen ansehen müssen; was auch noch dadurch bestätigt wird, daß nicht selten Veränderungen der Magnetnadel gleichzeitig mit jenen Meteoren Statt finden, an Orten wo diese selbst nicht wahrzunehmen sind.

Ohne in das Einzelne der übrigen tellurisch-magnetischen Erscheinungen eingehen zu wollen, bemerke ich nur noch, daß selbst diejenigen, bei welchen eine Einwirkung von außen unverkennbar ist, wie z. B. die jährlichen und täglichen Variationen der Declinationsnadeln, eine so mannichfaltig ändernde eigenthümliche Wirkung des Erdkörpers anzuerkennen nöthigen.

Und so sprechen denn alle hier angeführte Thatfachen für die Erzeugung des Erdmagnetismus durch eigene, innere Thätigkeit des Erdkörpers, wo dann die vulkanische Thätigkeit, die mächtigste von allen, nothwendig auch den größten Einfluß ausüben muß.
