III.

*Ueber eine von den HH. Barlow und Bonnycastle
wahrgenommene Anziehung der Magnetnadel durch
glühendes Eisen;*

von

Dr. T. J. SEEBECK.

(Auszug aus einer am 22. März 1827 vor der K. Akademie hieselbst
gehaltenen Vorlesung.)

Vielfältige Untersuchungen sind in älteren und neueren Zeiten über die Veränderungen, welche natürliche und künstliche Magnete im Feuer erleiden, so wie auch über das Verhalten unmagnetischer glühender Stahl- und Eisenstäbe gegen Magnete angestellt worden. Die von den bewährtesten Beobachtern erhaltenen Resultate sind folgende: 1) Die natürlichen und künstlichen Magnete verlieren im Feuer ihre Kraft (Guilelmi Gilberti de magnete magneticisque corporibus physiologia nova. Londini 1600. p. 66. Servington Savery Philos. Transact. 1730. No. 414. p. 514. Desgleichen Boyle und Lemmery, Mém. de l'Acad. de Paris 1706. p. 131, welcher fand, daß ein natürlicher Magnet nicht nur im Feuer, sondern auch im Focus eines Brennspiegels noch vor seiner Verglasung seinen Magnetismus verliere). 2) Magnetische Eisen- und Stahlstäbe werden, wenn sie *weißglühend* sind, vom Magnete nicht angezogen, und wirken in diesem Zustande auch nicht auf die Magnetnadel [G. Gilbertus a. a. O., desgl.

Brugmans in den philosophischen Versuchen über die magnetische Materie, übersetzt von Eschenbach, S. 13. Note. Cavallo Abhandlung vom Magnete p. 191]. 3) Wie aber die Gluth des Eisens ein wenig nachläßt, so tritt auch sogleich Wirkung auf die Magnetnadel ein [Gilbert und Brugmans a. a. O., nach Cavallo erst, wenn das Eisen aufgehört hat im Tageslichte rothglühend zu erscheinen]; denn der Eisenstab wird während der Abkühlung durch die Einwirkung des Erdmagnetismus polar, wenn er sich im magnetischen Meridiane oder der Richtung der magnetischen Neigung nahe befindet, und er erhält dann, auf der nördlichen Hälfte der Erdkugel, unten einen *Nordpol* und oben einen *Südpol*. — Nicht durch die Abkühlung allein wird der Stab magnetisch, sondern durch die Stellung; denn in der Richtung des magnetischen Aequators abgekühlt, sey es in der Luft oder im Wasser, erhält der Stab keine Pole (Du Fay Mém. de l'acad. de Paris 1728. p. 361. Servington Savery a. a. O.). 4) In den Philosoph. Trans. von 1694. No. 214. S. 258 ist ferner noch von einem sich J. C. unterzeichnenden Experimentator die Beobachtung mitgetheilt, daß Eisen-drähte und Stäbe, welche an einem Ende erhitzt worden, an diesem Ende einen veränderlichen, aber weit stärkeren magnetischen Pol, als wenn sie kalt sind, erhalten, und daß, wenn das *glühende* Ende der Stange unterwärts gehalten wird, das Südende der Magnetnadel stärker angezogen werde, als wie es kalt war; dagegen werde das Nord-Ende der Nadel stärker angezogen, wenn das glühende Ende oberwärts gekehrt ist.

Diese vergessenen, oder doch nur Wenigen bekannten Beobachtungen, wurden wieder in Erinnerung gebracht von Hrn. Barlow, in den Philosoph. Trans. Year 1822. p. 119, nachdem Hr. Scoresby seinerseits dieselbe Entdeckung gemacht, und durch entscheidende Versuche dargethan hatte, daß heißes Eisen einen stärkeren Magnetismus durch die Stellung erhalte, als kaltes (Siehe Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. IX. p. 254). Er zeigte nämlich, daß eine $6\frac{1}{2}$ Zoll lange und $\frac{1}{4}$ Zoll dicke Stange von Eisen, welche in vertikaler Stellung und in einem Abstände von $1\frac{1}{2}$ Zoll von einer Magnetnadel *kalt* eine Declination von $27\frac{1}{2}^{\circ}$ bewirkt hatte, *rothglühend* in derselben Stellung eine Declination von 60° hervorbringe.

Die mit den erwähnten Erfahrungen anscheinend im Widerspruche stehende Behauptung des Paters Kircher, daß glühendes Eisen vom Magnete angezogen werde, und die Zweifel Cavallo's gegen einige seiner Versuche, welche die Behauptung Kircher's widerlegten, veranlaßten die HH. Barlow und Bonnycastle, genauere Untersuchungen über die Wirkung weiß- und rothglühender und kalter Eisen- und Stahlstangen auf die Magnetnadel anzustellen. Durch diese sind nun (wie aus Hrn. Barlow's Abhandlung in den Philos. Trans. of the Roy. Soc. of London. Year 1822. p. 117—126 zu ersehen) die oben angeführten und von Gilbert, Brugmans, Servington Savery, Scoresby u. s. w. ermittelten Thatfachen nicht nur bestätigt worden, sondern die HH. Barlow und Bonnycastle haben noch eine interessante Entdeckung hinzugefügt. Sie fanden nämlich, daß es zwischen dem Zustande des Weißglühens

der Eisen- und Stahlstangen, in welchem sie alle magnetische Thätigkeit verloren hatten, und dem Zustande des Blutroth-Glühens, in welchem ihre Wirkung am stärksten war, einen mittleren Zustand gebe, bei welchem diese Stangen die Magnetnadel auf eine entgegengesetzte Weise anziehen, als wenn sie kalt sind. Befanden sich nämlich „sagt Barlow“ die Stangen und der Compas in einer solchen Lage gegen einander, daß das *Nord*-Ende der Nadel von der Stange *angezogen* wird, wenn sie kalt ist, so wird das *Süd*-Ende der Nadel *angezogen*, so lange das Eisen durch die Schattirungen geht, welche die Schmiede mit *hellroth* und *rothglühend* (bright red and red heat) bezeichnen. Aus diesem anomalen magnetischen Zustande kehrt die Stange wieder in den natürlichen Zustand zurück, wenn sie blutroth glühend ist; dann zieht sie wieder den Pol der Nadel an, den sie auch *kalt* *angezogen* hatte, nur bedeutend stärker. Barlow nennt diese letztere *Anziehung* die *positive* und die im hellroth- und rothglühenden Zustande Statt findende die *negative Anziehung*, und er bemerkt, daß die *negative* *Anziehung* des Eisens, von den beiden Enden der Stange her nach ihrer Mitte zu, zu wachsen scheine, während die *positive Anziehung* von den Enden nach der Mitte zu abnimmt, und jenseit der Ebene ohne Ablenkung (in der Mitte) entgegengesetzte Wirkung an dem oberen und unteren Ende der Stange zeigt. Hr. Barlow sagt ferner p. 122, daß die *negative* *Anziehung* in dem oberen und unteren Theile der Stange eben so von entgegengesetzter Natur sey; da sie aber gegen die Mitte zu wachse, so scheine sie durch ein Maximum hindurchzugehen, um zu dem

Wechsel zu gelangen, — welches ganz unerklärbar zu seyn scheine, aber doch so sey. In den Versuchen, welche Hr. Barlow p. 124 zusammengestellt hat, finden wir aber, daß eine *negative Anziehung* an den *Enden der Eisenstange niemals wahrgenommen worden*, und bei den Versuchen mit der Stabeisenstange No. 2 wurde die *Anziehung* während des Hellroth- und Rothglühens der Stange an *vier verschiedenen Punkten Null* gefunden. Zu den Versuchen waren zwei Stäbe von Gufseisen und zwei von Stabeisen, jeder 25 engl. Zoll lang und $1\frac{1}{4}$ Zoll im Gevierte dick, gebraucht worden. — Die Angabe von dem bei den Versuchen angewandten Verfahren ist nicht vollständig; man erfährt nur, daß die Stange bei jedem einzelnen Versuche auf einem Träger in der Richtung der magnetischen Neigung festgestellt worden, und welche Veränderungen in der Declination der Magnetnadel, in einem in Zollen angegebenen Stande derselben über oder unter dem Mittelpunkte der ruhenden Stange, vom weißglühenden bis zum rothglühenden Zustande derselben, in einer bestimmten Entfernung von der Boussole (in der Horizontalebene) eingetreten sind. Man erfährt aber nicht, wie die Stange an oder auf dem Träger (welcher erhöht oder erniedrigt werden konnte) befestigt war, was wichtig ist, und allein schon auf eine bestimmte Ansicht zur Erklärung der beschriebenen anomalen Erscheinungen hätte führen können. Auch ist nicht genau angegeben, wie die Stangen im Feuer behandelt worden, und ob sie nicht an einzelnen Stellen stärker glühend gewesen, wie bei der Länge derselben wohl zu erwarten war, und was nicht ohne Einfluß auf die magnetische Wirkung der-

selben ist, wie man weiter unten finden wird. Am Ende seiner Abhandlung sagt Hr. Barlow noch, daß die einzige wahrscheinliche Erklärung, welche er von den wahrgenommenen anomalen Erscheinungen zu geben wisse, die sey, daß die Eisenstangen an ihren Enden schneller, als gegen die Mitte zu erkaltet seyen, wobei ein Theil der Stange früher magnetisch geworden seyn möge, als der andere, und dadurch eine verschiedene Anziehung bewirkt haben könne; er fügt aber hinzu, daß hierdurch alle beobachtete Erscheinungen noch nicht genügend erklärt seyen, und fordert zu fortgesetzter Untersuchung auf.

Da die Königliche Akademie sich im Besitze eines Apparats befand, der durch eine geringe Veränderung zu den von den HH. Barlow und Bonnycastle angestellten Versuchen brauchbar gemacht werden konnte, so versuchte ich, ob es mir gelingen werde, über diese paradoxen Erscheinungen bestimmtere Aufklärung zu gewinnen, und sie auf die bekannten Gesetze der Erregung des Magnetismus durch Stellung zurückzuführen.

1. Eine Stange von Stabeisen, 1 Fuß rnhl. lang und $\frac{3}{4}$ Zoll im Gevierte dick, wurde vor einem Gebläse oder vielmehr über einem Gebläse (denn der Stab lag, damit er möglichst gleichförmig erhitzt werde, höher, als die Windröhre des Blasebalgs) weißglühend gemacht. Gleich nachdem die Stange aus dem Feuer kam, zeigte sie, der ganzen Länge nach, nicht die mindeste Wirkung auf die Magnetnadel, welcher sie, in der Mitte mit einer kalten eisernen Schmiedezange gehalten, in verticaler Stellung bis auf 4 Zoll genähert wurde. Bald aber traten oberhalb und

unterhalb der Mitte der Stange, ganz nahe bei der Zange, zwei schwache magnetische Pole hervor, unten ein Nord-Pol und oben ein Süd-Pol, wie sich aus der Wirkung dieser Punkte auf die Magnetnadel ergab, als sie sich mit der Nadel in derselben Horizontalebene befanden. Die Stange war, als diese Pole hervortraten, nach den Enden hin noch hellroth glühend und die Enden selbst verhielten sich noch indifferent gegen die Magnetnadel. Die Pole oberhalb und unterhalb der Mitte der Stange nahmen bei fortschreitender Abkühlung an Stärke zu, und breiteten sich, der Nordpol nach dem unteren Ende und der Südpol nach dem oberen Ende der Stange hin, immer mehr aus. Diese Pole waren, als die Enden der Stangen roth glühten und noch nicht auf die Magnetnadel wirkten, in *c* und *d* (Taf. II. Fig. 1) ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem Mitte *m* der Stange, am stärksten. Die magnetische Polarisation der Stange schritt bei zunehmender Abkühlung derselben immer weiter gegen die Enden *a* und *b* hin fort, wurde hierauf in *f* und *g* am stärksten, in *c* und *d* aber schwächer, als zuvor, und als die Stange dunkelroth, doch noch im Tageslichte sichtbar glühte, an den Enden *a* und *b* am stärksten gefunden. Die ganze untere Hälfte der Stange hatte nun Nord-Polarität und die obere Süd-Polarität, beide stetig abnehmend gegen die Mitte hin, und in *m*, oder doch in dessen Nähe, befand sich der Nullpunkt, wo er auch vor dem Glühen der Stange gefunden worden war.

Die eben beschriebenen Erscheinungen sind das Resultat mehrerer mit einer und derselben Stange, doch auch mit zwei andern Eisenstangen wiederholten,

Verfuche, bei welchen die Stange in vertikaler Stellung abwechselnd in gleicher Entfernung von der Magnetnadel mittelst eines Flaschenzuges höher und tiefer gestellt wurde. Die Zange, welche von Eisen war, ruhte in einem Haken von unmagnetischem Messing, und wurde so genau wie möglich horizontal und im magnetischen Aequator gehalten, in welcher Lage sie keine Polarität zeigte, selbst nicht, als sie durch die glühende Stange erhitzt war.

In keinem dieser Verfuche war eine negative Anziehung der Magnetnadel gleich der von den HH. Barlow und Bonnycastle entdeckten wahrgenommen worden; die magnetische Polarisation war vielmehr, wie sich aus den angeführten Thatfachen ergibt, ganz den bekannten Gesetzen des Magnetismus durch Stellung gemäß erfolgt, sie hatte in der Mitte der Stange, welche durch die kalte Zange früher abgekühlt worden war, als die übrigen Theile derselben, ihren Anfang genommen; an dem untern Theile der kälteren Mitte der Stange war der Nordpol, am obern der Südpol hervorgetreten, und die beiden Pole waren, wie die Abkühlung gegen die Enden zu fortschritt, auch gegen die Enden zu fortgerückt. Die Polarisation der Stange war also genau so erfolgt, wie sie in der angegebenen Stellung durch den Erdmagnetismus erregt werden mußte, nachdem die Theile derselben aus dem glühenden Zustande, in dem sie einer magnetischen Polarität nicht fähig sind, in denjenigen übergingen, in welchem sie eine feste oder auch veränderliche Polarität anzunehmen im Stande sind.

Noch muß ich bemerken, daß die Eisenstangen eine stärkere Polarität während der Abkühlung annah-

men, als sie vor dem Glühen gezeigt hatten; war z. B. die Magnetnadel durch den am Ende der kalten Stange durch die Stellung hervorgebrachten Pol zu einer Abweichung von 15° gebracht worden, so betrug diese nach der Abkühlung der Stange in vertikaler Stellung $40^\circ - 42^\circ$, bei gleichem Abstände von der Magnetnadel. Diese Beobachtung stimmt mit den, von dem anonymen Experimentator in den Philos. Trans. von 1694, von Hrn. Scoresby und von Hrn. Barlow gemachten und zuvor angeführten Erfahrungen vollkommen überein. Kalte Eisenstangen von den Dimensionen, welche ich zu jenen Versuchen angewandt habe, erlangen, wenn sie auf mehrere Tage in vertikaler Stellung erhalten werden, nie die Stärke des Magnetismus und auch nie feste Pole, wie die glühenden und in dieser Stellung erkaltenden Stangen in sehr kurzer Zeit. Der Abkühlungsact macht also das Eisen zur Annahme eines höheren Grades von Magnetismus eben so fähig, wie elektrische Schläge und mechanische Erschütterungen. Die bei der Abkühlung erlangte Polarität erhält sich einige Zeit in den Eisenstangen, doch nimmt sie allmählig ab, selbst wenn die Stangen in der vertikalen Stellung stehen blieben; schneller erfolgt die Abnahme, wenn sie in der Richtung des magnetischen Aequators liegen, und schon nach 24 Stunden wurden sie in dem Zustande wie vor dem Glühen gefunden, d. h. sie hatten den bei der Abkühlung erhaltenen Magnetismus verloren und nahmen nur bloß den nach ihrer Stellung veränderlichen Magnetismus an.

2. Bei Wiederholung der eben beschriebenen Versuche mit einer Stange von Stabeisen, welche $26\frac{1}{2}$

Zoll lang und 1 Zoll im Gevierte dick war und welche in der Mitte mit einer starken und kalten *Zange von Kupfer* gehalten wurde, erhielt ich ganz dieselben Resultate, wie in jenem. Die Stange verhielt sich, so lange sie weißglühend war, völlig indifferent gegen die Magnetnadel; Pole traten an derselben erst dann hervor, als die Mitte derselben rothglühend war, und dann erschien über der Zange in *c* (Taf. II. Fig. 1) ein Südpol und unter der Zange ein Nordpol. Die Pole rückten bei fortschreitender Abkühlung nach den Enden *a* und *b* zu, wobei sie zugleich an Stärke wuchsen, und als die Stange dunkelroth (doch im Tageslichte noch erkennbar) glühte, war die Polarität an den Enden derselben am stärksten und die untere Hälfte hatte Nord-Magnetismus, die obere Süd-Magnetismus. — Der einzige Unterschied zwischen diesen und den vorhergehenden Versuchen bestand darin, daß die Polarisation in der dickeren und längeren Stange später erfolgte, als in den kleineren Stäben, und daß die Pole langsamer nach den Enden zu fortschritten. Diese Stange war in einem von Ziegelsteinen aufgemauerten schmalen Ofen, in welchen eine zweiarmige Windröhre aus dem Blasebalge geführt war, deren Oeffnungen nur einen Fuß von einander abstanden, glühend gemacht worden. War die Feuerung nicht so schnell betrieben, doch lange genug fortgesetzt worden, und hatte die Stange nicht vor, sondern über den Mündungen der Windröhre gelegen, so kam sie ziemlich gleichförmig glühend aus dem Feuer, und nur dann zeigte sich an ihr eine regelmäßig fortschreitende Polarisation.

3. Auch mit einer $26\frac{1}{2}$ Zoll langen und 1 Zoll im Gevierte dicken Stange von Stabeisen, an welche in der Mitte eine 3 Fuß 4 Zoll lange und $\frac{1}{2}$ Zoll im Gevierte dicke Eisenstange angegeschweißt war, um als Handhabe zu dienen, wurden einige Versuche angestellt. Sie gaben im Allgemeinen dasselbe Resultat, wie die vorhergehenden; auch hier erfolgte, nachdem die Stange aufhörte, weißglühend zu seyn, nördliche Polarisation der unteren und südliche der oberen Hälfte, meistens zeigte sich aber in der Mitte zuerst ein schwacher Nordpol, dessen Wirkung auf die Magnetnadel sich noch etwas über m (Taf. II. Fig. 2) hinauf erstreckte. Dieser Nordpol in m wurde besonders dann bemerkt, wenn das Ende l der bei den Versuchen horizontal liegenden Stange weiter nach Süden gerückt war, woraus sich ergibt, daß er durch die Polarität der Stange ml gesetzt worden, was denn auch noch dadurch bestätigt wurde, daß der Indifferenzpunkt oder der magnetische Mittelpunkt der Stange nach der Abkühlung immer 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll über m gefunden wurde, so daß die obere südliche Hälfte derselben kürzer, als die untere nördliche war.

Die in §. 2. beschriebene Vorrichtung verdient offenbar vor dieser den Vorzug; ich habe mich jedoch auch jener nur noch zu einem Paare Versuchen bedient, weil der Vortheil, den so große Stangen gewähren, nur gering ist, und die Unbequemlichkeit, so große glühende Massen zu handhaben, nicht aufwiegt. Zu den meisten der folgenden Versuche habe ich daher wieder kleinere Stangen angewendet, in der Erwartung, daß sich die von Barlow wahrgenommenen Erscheinungen nicht minder deutlich darstellen wür-

den, als mit den von ihm angewandten grösseren Massen. Der Erfolg hat dies bestätigt.

4. Eine 12 Zoll lange und $\frac{3}{4}$ Zoll im Gevierte dicke Stange von Stabeisen wurde weißglühend der Boussole bis auf 4 Zoll genähert, während sie mit dem *obern Ende* in eine kalte Schmiedezange eingeklemmt war. Sie zeigte zuerst keine Wirkung auf die Magnetnadel, bald aber trat ein schwacher Nordpol hart unter der Stange hervor; ein Südpol an dem *obern* in der Zange befindlichen Ende zeigte sich aber noch nicht. Die Nordpolarität dehnte sich weiter aus, war eine kurze Zeit in *c* (Taf. II. Fig. 3), etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll vom Ende *a* ab, am stärksten, nahm von dort an, gegen die Mitte der Stange zu, ab, war in *f*, 4 bis $4\frac{1}{2}$ Zoll über dem Ende *b* und im ganzen Raume zwischen *f* und *b* Null. Während dieser Untersuchung hatte die Nordpolarität in *c* schon abgenommen und war in *d*, ungefähr $3\frac{1}{2}$ Zoll unter *a*, am stärksten; am unteren Ende *b* zeigte sich aber noch keine Polarität. An dem oberen Ende *a* war jetzt ein entschieden wirkender Südpol entstanden, dessen Stärke allmähig zunahm. Als die Stange dunkelroth glühte, war am unteren Ende *b* die Nordpolarität und am oberen Ende *a* die Südpolarität am stärksten, und der magnetische Mittelpunkt befand sich zwei Zoll über der Mitte der Stange.

Bei der Wiederholung dieses Versuches mit einer andern 12 Zoll langen und $\frac{3}{4}$ Zoll dicken Eisenstange, welche mit einer starken *Zange von Kupfer* am *obern Ende a* gehalten wurde, zeigten sich dieselben Erscheinungen wie vorhin. Weißglühend wirkte die ganze Stange nicht auf die Magnetnadel, auch der Theil

nicht, der von der Zange gefaßt war; die Polarisation fing auch hier oben an dem durch die Zange abgekühlten Theile an, doch trat nun gleichzeitig mit dem Nordpole unterhalb der Zange auch ein Südpol oben in derselben hervor, welche beide erst schwach waren und bei zunehmender Abkühlung stärker wurden, und zugleich breitete sich die Südpolarität in der obern Hälfte der Stange immer weiter aus, der Nordpol rückte tiefer hinab und bald war er am Ende *b* oder in dessen Nähe am stärksten, und dies schon, als die Gluth der Stange noch im Tageslichte zu erkennen war.

5. Die vorige Eisenstange wurde glühend mit *zwei* kalten Schmiedezangen, von welchen die eine das obere Ende und die andere das untere Ende faßte, der Bouffole genähert. Hier fing die Polarisation der Stange an beiden Enden zugleich an, und zwar so, daß *unterhalb* der *obern* Zange ein Nordpol und *oberhalb* der *untern* Zange ein Südpol entstand (doch war der letztere schwächer, als der erstere, weil die Stange nicht ganz gleichförmig glühend war und die obere Zange auch zufällig feucht und dadurch kälter war), während die glühende Mitte der Stange noch nicht auf die Magnetnadel wirkte. Diese Pole rückten beide gegen die Mitte zu und sehr bald waren sie verschwunden, dann hatte die ganze obere Hälfte Süd-Magnetismus und die untere Nord-Magnetismus, wie gewöhnlich.

6. Entscheidender war folgender Versuch. Eine 18 Zoll lange und $\frac{7}{8}$ Zoll im Gevierte dicke Stange von Stabeisen, gegen deren Mitte der stärkste Luftstrom des Gebläses gerichtet gewesen war, und welche mit

zwei starken Schmiedezangen, einer am Ende *a* (Taf. II. Fig. 4) und der andern am Ende *b* gehalten wurde, verhielt sich ihrer ganzen Länge nach völlig unwirksam gegen eine Magnethadel in einem Abstände von 3 bis 4 Zoll, und beharrte in diesem Zustande wohl über eine Minute *). Als die Mitte der Stange noch weiß glühte und noch nicht auf die Magnethadel wirkte, traten schon an beiden Enden derselben Pole hervor und zwar vier Pole. Am äußersten Ende von *a* zeigte sich ein Südpol, doch zugleich in *c* nahe unter der obern Zange ein Nordpol; am äußersten Ende *b* entstand gleichzeitig ein Nordpol, und in *d*, nahe über der untern Zange, ein Südpol. Diese vier Pole nahmen an Stärke fortwährend zu, und es rückten die beiden inneren Pole (von *c* her der Nordpol, und von *d* her der Südpol) gegen die Mitte *m* hin (wie in Fig. 5. Taf. II), während die Stange sich von den Enden her gegen ihre Mitte zu immer weiter abkühlte; der Raum zwischen den beiden inneren Polen wurde immer schmaler und schien einen Moment nur eine Linie zu seyn, *über* welcher ein Nordpol und *unter* welcher ein Südpol lag. Doch plötzlich waren diese Pole verschwunden und die ganze obere Hälfte der Stange hatte nun Süd-Magnetismus und die untere Hälfte Nord-Magnetismus, wobei die Pole, welche sich an den Enden *a* und *b* befanden, so stark waren, daß sie eine Declination nahe an 50° be-

*) Es ist zu bemerken, daß dieser Versuch in einer Temperatur des Laboratoriums angestellt wurde, welche höchstens — 2° R. betrug. In einer wärmeren Jahreszeit würde die Stange ohne Zweifel länger in diesem Zustande verharret seyn.

wirkten. Der Indifferenzpunkt oder der magnetische Mittelpunkt lag, als die Stange dunkelroth glühte und als sie kalt war, genau in der körperlichen Mitte derselben. Die beiden inneren Pole waren diesmal auch sehr stark gewesen; denn der Nordpol der obern Hälfte der Stange hatte, als er sich in *c* (Taf. II. Fig. 5), d. h. ungefähr 1 Zoll über *m*, befand, eine Ablösung des Nordpols der Magnetnadel bis auf 45° bewirkt, bei einem Abstände von 3 Zoll.

7. Hier hatten wir also die von den HH. Barlow und Bonnycastle entdeckten, sogenannten negativen Pole, und eben so stark in der Nähe der Mitte der Stange, als diese Herren sie gefunden hatten. Die vorhergehenden Versuche, und besonders der letzte, geben auch zugleich eine bestimmte Aufklärung über die Bedingungen, von denen diese Erscheinungen abhängig sind. Es ist nämlich zur Erzeugung dieser sogenannten negativen Pole (welche aber in der That eben so gut positive Pole sind, als die beiden andern, und als überhaupt alle in den Eisenstangen erregten Pole es sind, die also auch nicht mehr negative Pole genannt werden dürfen) erforderlich, daß die Mitte der Stange sehr heiß und die Enden derselben nicht so heiß seyen, damit die magnetische Polarisation, welche von den Enden, als den kälteren (und auch noch durch kalte Körper früher abgekühlten) Theilen beginnt, noch durch eine weißglühende oder doch durch eine hellrothglühende Stelle unterbrochen sey, welche in dem Grade indifferent ist, daß sie an der allgemeinen und in den übrigen Theilen schon eingetretenen Polarisation der Stange noch nicht Theil nehmen kann. — Gleichzeitig mit den *innern* beiden

Polen (wie Barlow's negative Pole von nun an genannt werden müssen) treten an den Enden der Stange, unter den angegebenen Bedingungen, die zugehörigen entgegengesetzten Pole hervor. Dieß konnte bei dem von den HH. Barlow und Bonnycastle angewandten Verfahren, weil sie ihre Stangen bei jedem einzelnen Versuche festgestellt hatten (um den ganzen Verlauf gewisser Theile der Stange ruhig beobachten zu können), sich nicht so deutlich zeigen, als wenn die Stange während der Erkaltung abwechselnd erhöht und erniedrigt wird; ich sage, nicht so deutlich, denn die Thatfache, daß an den Enden der Stange in keinem der Versuche, welche Hr. Barlow in seiner Tabelle S. 124 der Philos. Trans. 1822 anführt, ein sogenannter negativer Pol, sondern immer nur ein positiver Pol an den Enden der Stange sich zeigte, deutete schon auf das Verhältniß der Pole an den Enden der Stange zu den negativen Polen nahe bei der Mitte derselben; und die wahre magnetische Polarisation der Stange würde auch bei dem Verfahren, welches die HH. Barlow und Bonnycastle anwandten, erkannt worden seyn, wenn bei jenen Versuchen zugleich die Zeit, in welcher die Pole *an den Enden* und die, in welcher die Pole nahe *bei der Mitte* der Stange erschienen, wären beobachtet worden, woraus sich ergeben hätte, daß die ersteren früher, die letzteren später entstehen, und daß dann, wann die negativen Pole nahe bei der Mitte ihre stärkste Wirkung auf die Magnetnadel zeigten, die zugehörigen entgegengesetzten Pole an den Enden nicht fehlten.

Es erklärt sich aus dem letzten Versuche in diesem §. auch, weshalb die *inneren* Pole nahe bei der Mitte der Stange kurz vor ihrem Verschwinden in der Regel stärker erscheinen, als weiter über oder unter demselben. Dies erfolgt nämlich dem bekannten Gesetze gemäß, daß eine längere Eisenstange eine stärkere Polarität annimmt, als eine kürzere Stange von derselben Dicke, was zwar streng genommen nur innerhalb gewisser, durch das Verhältniß der Länge zur Dicke bestimmten, Gränzen gilt, die aber von den bei diesen Versuchen angewandten Stangen bei weitem noch nicht überschritten war. Jede *stark glühende* Eisenstange wird also aus doppelten Gründen anfänglich an dem Theile, an welchem ihre magnetische Polarisation bei der Abkühlung anfängt, nur schwache Pole zeigen können, einmal, weil der bei beginnender Abkühlung entstandene Magnet nur kurz ist, und dann auch, weil der Magnetismus in ihm um so schwächer ist, je näher er sich noch dem weißglühenden Zustande befindet, und die Polarität der Stange wird an Stärke zunehmen müssen, je weiter die Abkühlung fortschreitet und je länger dadurch der Raum wird, welcher der Polarisation fähig ist. Ist irgend ein Theil der Stange einmal so weit abgekühlt, daß in ihm ein magnetischer Pol entstehen kann, so wird dieser auch bei seiner ersten Erscheinung und während dieser Theil noch lebhaft glüht, schon von bedeutender Stärke seyn, wenn der Theil der Stange, dem er als Pol angehört, eine ansehnliche Länge hat. — Der Magnetismus in der Nähe der durch die größere Hitze noch unmagnetisch gebliebenen Mitte der Stange wird also vor dem Verschwinden nothwendig stärker seyn müß-

fen, als der an den höher oder tiefer liegenden Stellen, da letztere dadurch, daß sie anfänglich als Pole kürzerer Magnete, und zuletzt als der magnetischen Mitte nahe liegende Theile längerer Magnete, schwächer auf die Magnetnadel wirken müssen. Die kurze Dauer der stärksten Polarität in der Nähe der Mitte, und der plötzliche Eintritt eines magnetischen Mittelpunkts an der Mitte der Stange ist nun auch leicht zu begreifen; denn es ist klar, daß in dem Momente, wo die Mitte derselben aufhört, des Magnetismus unfähig zu seyn, sie auch an der allgemeinen Polarisation der ganzen Stange, ihrer Lage gemäß, Theil nehmen muß. Hier, wie dort, wo die Mitte *m* noch trennend wirkte, war es der Erdmagnetismus, welcher die Polarität in der sich abkühlenden Stange erzeugte, und sie wurde durch ein und dieselbe Wirkung dort ein Doppelmagnet und hier ein einfacher Magnet. Der Uebergang erfolgt, wie ich später gefunden habe, bald schneller und bald langsamer, und ist abhängig sowohl von dem Grade der Hitze der Stange, als von der Temperatur der Luft.

Die Schmiedezangen, mit welchen die Eisenstange in dem zuletzt beschriebenen Versuche gehalten wurde, waren unmagnetisch und wirkten in der Richtung des magnetischen Aequators horizontal liegend, kalt, nicht auf die Magnetnadel, wenn sie sich der Mitte derselben gegenüber befanden, auch nicht, als die Stange noch weiß glühte. — Da man jedoch den Zweifel erheben könnte, daß diese eisernen Zangen, während der Erhitzung durch die glühende Stange, polar geworden seyn möchten, und dadurch einen Einfluß auf die beobachteten Erscheinungen gehabt

haben könnten; so habe ich nicht unterlassen wollen (obgleich ich diesen Zweifel nicht hegte), auch noch ein anderes Verfahren zur Darstellung der von den H. H. Barlow und Bonnycastle beobachteten Erscheinungen anzuwenden.

8. Eine 16 Zoll lange und $\frac{3}{8}$ Zoll im Gevierte dicke Eisenstange, um welche in der Mitte ein starker Eisendraht einige Mal dicht gewunden war, wurde, nachdem sie mit der Mitte, die am heißesten werden sollte, vor dem einfachen Windrohre des Gebläses liegend, glühend gemacht worden war, an einem hervorstehenden Ende des Drahts mit einer *Zange von Kupfer* gehalten, der Bouffole bis auf 3 Zoll genähert. Kein Theil der Stange wirkte in diesem Abstände, so lange sie weißglühte, auf die Magnetnadel, und in diesem Zustande beharrte sie über eine Minute. Hierauf zeigte sich in *d* ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll unter *m*, (Fig. 1. Taf. II) Anziehung des Nordpols der Nadel; die Stange hatte also in *d* einen Südpol. Als die Stange allmählig erhöht wurde, nahm die Anziehung des Nordpols der Nadel ab, wurde Null, und als die Nadel dem Ende *b* näher kam, trat Abstoßung des Nordpols ein, die am stärksten war, als das Ende *b* der Stange mit der Nadel in gleicher Horizontalebene stand; in *b* war also ein Nordpol. Aehnliche Erscheinungen zeigte die obere Hälfte der Stange. In *c*, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll über *m*, erfolgte Abstoßung des Nordpols der Nadel, ein Beweis, daß die Stange hier einen zweiten Nordpol hatte; die Abstoßung der Nadel nahm ab, als die Stange allmählig tiefer gesenkt wurde; und nachdem sie Null geworden war, trat, wie der Stab tiefer hinabrückte, Anziehung des Nordpols ein, die am stärksten

war, als *a* sich mit der Nadel in gleichem Niveau befand; hier war also ein zweiter Südpol. Der Raum zwischen *c* und *d*, welcher noch sehr hell glühte, wirkte gar nicht auf die Magnetnadel. Doch auch die übrigen Theile der Stange von *a* bis *c* und von *d* bis *b* waren noch rothglühend, als die vier Pole in *a*, *c*, *b* und *d* erschienen. Diese Pole nahmen bei fortschreitender Abkühlung an Stärke zu, und es bewirkten namentlich die von *c* und *d*, als sie am stärksten waren, eine Declination von 10° bis 12° . Nachdem die Stange dunkelroth geworden war, waren auch diese Pole verschwunden und nur die Pole in *a* und *b* übrig geblieben, welche, als die Stange noch weiter erkaltet war, die Magnetnadel bis zu 45° und darüber ablenkten. Der magnetische Mittelpunkt lag in *m*, wo er auch vor Aufstellung des Versuchs an der kalten Stange gefunden worden war. Die Pole, welche die kalte Stange durch die verticale Stellung erhalten hatte, bewirkten jedoch, bei dem angegebenen Abstände der Nadel von der Stange, nur eine Declination von 21° bis 22° .

Dieser Versuch wurde noch drei Mal wiederholt, in der Hauptsache immer mit demselben Erfolge. Nur eine geringe Abweichung fand einmal Statt, als das eine Ende der Stange nur dunkelroth glühend aus dem Feuer kam. An diesem Ende, welches in dem Versuche das obere war, zeigte sich sogleich in *a* (Taf. II. Fig. 6) ein Südpol, und in *c*, ungefähr 2 Zoll unter *a*, ein Nordpol, während der übrige Theil der Stange sich noch indifferent gegen die Magnetnadel verhielt. Der Nordpol in *c* rückte ziemlich schnell tiefer herab, und war, als die Stange in *f* rothglü-

hend war, hier, d. h. ungefähr 1 Zoll über m , am stärksten, und zwischen f und c war nun ein magnetischer Mittelpunkt (Indifferenzpunkt) vorhanden. Nun aber waren auch in d ein Südpol und in b ein Nordpol entstanden, gleichfalls mit einem magnetischen Mittelpunkte. Die doppelte magnetische Polarisation erfolgte also hier nach demselben Gesetze, als in dem vorhergehenden Versuche.

9. Mittelft dieser Eisenstange von 16 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke wurde auch noch zur Bestätigung der in §. 1. angeführten Thatfachen folgender Versuch angestellt. — Die Stange vor der *zweiarmigen* Windröhre des Gebläses so gelegt, daß die Mündung derselben auf die Enden der Stangen gerichtet war, wodurch diese also heißer werden mußten, als die Mitte der Stange. Als sie aus dem Feuer kam, wirkte kein Theil derselben auf die Magnetnadel. Nach einiger Zeit trat ein schwacher Nordpol in m (Taf. II. Fig. 1) hervor, wo die Stange mit Draht umwunden war, an welchem sie mit der Kupferzange gehalten wurde. Dieser Pol breitete sich allmählig bis d , $1\frac{1}{2}$ Zoll unter m , aus, wo er dann schon stärker war. Nun aber war auch hart über dem Drahte ein Südpol zu erkennen, welcher sich bald bis gegen c hin, ungefähr 1 Zoll über m , ausdehnte. Noch waren die beiden Enden der Stange unpolar; doch in kurzer Zeit hatte die Nordpolarisation sich auch bis zum Ende b und die Südpolarität bis zum Ende a ausgedehnt, und diese noch früher, als die Stange dunkelroth glühte. Die ganze untere Hälfte hatte nun Nordmagnetismus und die obere Hälfte Südmagnetismus.

Bei einem zweiten Versuche, wo die Stange nicht ganz so stark glühend war, als im vorhergehenden Versuche, wo jedoch die Enden immer noch stärker, als die Mitte der Stange glühten, verbreitete sich die Polarisation, welche gleichfalls in der Mitte ihren Anfang genommen hatte, noch schneller, als vorher gegen die Enden hin, und in kurzer Zeit hatte die ganze untere Hälfte eine Nordpolarität, und die obere Hälfte eine Südpolarität, und was bemerkenswerth ist, die Polarität war anfänglich in dem größten Theile der beiden Hälften gleich stark, doch lag der magnetische Mittelpunkt genau in der Mitte. Bei weiterer Abkühlung der Stange nahm aber die Polarität in der Nähe von *m* allmählig ab, und zuletzt waren die Enden der Stange am stärksten polar.

In beiden Versuchen zeigte sich auch nicht eine Spur von mehr als zwei Polen, und es fand überhaupt zwischen diesen und den §. 1. und §. 2. beschriebenen Versuchen kein Unterschied weiter Statt, als dafs hier die von der Mitte ausgehende Polarisation später eintrat, als dort, wo ein abkühlender Körper die Mitte der Stange unmittelbar berührte.

10. Noch wurden ein Paar Versuche mit glühenden Eisenstäben, welche in der Richtung des magnetischen Aequators zwischen einem Magnetstabe und der Bouffole lagen, angestellt. Die Resultate derselben entsprachen vollkommen denen, welche bei vertikaler Stellung der Stange waren erhalten worden. Wie hier der Erdmagnetismus erst, nachdem die Stange aus dem weifsglühenden Zustande in den rothglühenden überging, eine Polarität erregt hatte, so wirkte dort der Magnetstab.

Der erste Versuch wurde mit der $26\frac{1}{2}$ Zoll langen und 1 Zoll im Gevierte dicken Stange angestellt. Der Abstand des Nord-Endes des Magnetstabes *A* (Taf. II. Fig. 7) vom Mittelpunkte der Magnetnadel *C* betrug $31\frac{1}{2}$ Zoll, der Magnet bewirkte für sich und ohne die Eisenstange eine *östliche* Abweichung des Nordpols der Nadel von 17° ; hingegen mit der kalten Stange *B*, als das Ende *a* derselben 3 Zoll von der Nadel abstand, eine *östliche* Declination von 64° . — Diese Stange vor dem Gebläse mit doppeltem Windrohre glühend gemacht, und auf einer Unterlage von zwei kalten Kupferstäben in dem oben erwähnten Abstände von der Nadel ruhend, wirkte, so lange sie weißglühend war, nicht im mindesten auf die Magnetnadel; die Declination blieb 17° *östlich*, eben so, als wenn kein Eisen sich zwischen dem Magnetstabe und der Nadel befunden hätte. Erst als die Stange sich so weit abgekühlt hatte, daß sie im Tageslichte dunkelroth glühend erschien, fing sie an, eine Wirkung auf die Magnetnadel zu zeigen. Diese setzte sich langsam in Bewegung und die *östliche* Declination derselben wuchs stetig fort bis zu 77° , wo sie sich geraume Zeit hielt, dann allmählig abnahm bis 75° , wo sie stehen blieb, bis die Eisenstange so weit abgekühlt war, daß sie mit der Hand angefaßt werden konnte.

Der zweite Versuch wurde mit einer 18 Zoll langen und $\frac{3}{4}$ Zoll im Gevierte dicken Eisenstange angestellt, welche zwischen dem Südpole eines Magnetstabes *A* (Taf. II. Fig. 8) und der Boussole *C* auf 2 Kupferstäben lag. Noch waren unter der Eisenstange zwei Boussolen, eine in *D* und die andere in *E* angebracht, deren Mittelpunkte ungefähr $4\frac{1}{2}$ Zoll von den Enden

der Eisenstange entfernt waren. Der Abstand des Magnetstabes *A* von dem Mittelpunkte der Magnetnadel *C* betrug 18 Zoll. Der Magnet bewirkte für sich allein, ohne die Eisenstange in *B*, folgende Declinationen:

<i>C</i> . .	$22^{\circ}\frac{1}{4}$	westliche	Abweichung	des	Nordpols	der	Nadel
<i>D</i> . .	$48^{\circ}\frac{1}{2}$	westliche	-	-	-	-	-
<i>E</i> . .	83°	westliche	-	-	-	-	-

Als die Stange *B*, welche ganz unmagnetisch war, kalt zwischen dem Magnet und der Nadel in *C* gelegt wurde, war die Declination der 3 Nadeln folgende:

<i>C</i> . .	35°	westl.
<i>D</i> . .	47°	westl.
<i>E</i> . .	74°	westl.

Die weißglühende Stange, welche mit ihrer Mitte vor dem einfachen Windrohre des Gebläses gelegen hatte, zeigte keine Wirkung auf die Magnetnadeln; die Declination der Nadeln in *C* blieb $22^{\circ}\frac{1}{4}$ westl., wie ohne die Stange. Als aber endlich die Polarisation derselben begann, da nahm die *westliche* Abweichung des Nordpols der Nadel in *C* allmählig zu, und mit ihr zugleich die Declination der Nadel in *D*, welche bis auf $54\frac{1}{2}^{\circ}$ nach Westen stieg, nachher aber wieder bis 45° abnahm, während die westliche Declination der Nadel in *C* fortwährend zunahm. Hieraus geht hervor, daß die Polarisation auf dieser Hälfte am Ende *a* anfang, welches südpolär wurde, und dadurch die *westliche* Declination der Nadel in *C* vergrößerte, daß aber auch zugleich ein Nordpol zwischen der Nadel in *D* und dem Ende *a* entstanden seyn muß, welcher allmählig gegen die Mitte der Stange hin fortschritt; denn nur hieraus läßt sich die anfängliche Zunahme

der westlichen Declination der Nadel in *D* und die nachherige Abnahme derselben erklären. Die letztere mußte nämlich eintreten, sobald sich jener Nordpol zwischen der Mitte *m* der Stange und der Nadel in *D* befand. — Die westliche Declination der Nadel in *D* nahm aber späterhin wieder zu und auch dies bestätigt die eben gegebene Erklärung der vorhergegangenen Abnahme der westlichen Declination; denn sobald der Nordpol zwischen *D* und *m* verschwunden und die Abkühlung der Stange so weit vorgeschritten war, daß sie nur ein einfacher Magnet war, so blieb die Nadel bloß dem Einflusse der neuerlangten südlichen Polarität der Hälfte *ma* der Stange ausgesetzt, und die Declination der Nadel in *D* betrug nun $48\frac{1}{2}^{\circ}$ westlich, während die Declination in *C* bis auf $39\frac{1}{2}^{\circ}$ westlich gestiegen war. — An der Boussole in *E* hatten sich ähnliche Veränderungen, wie an der in *D* zugetragen; ihre Declination wurde aber erst beobachtet, als sie schon einen sehr hohen Grad erreicht hatte, nämlich 87° nach *Westen*. Von hier nahm sie bei fortschreitender Abkühlung der Stange sehr bald wieder ab. Jene erste Zunahme der Declination von 83° bis auf 87° , ist ein Beweis, daß auch an diesem Ende eine partielle Polarisation Statt gefunden hatte; denn da das Ende *b* durch den Einfluß des Magnetstabes Nordpol werden mußte, so konnte eine stärkere westliche Abweichung der Nadel in *E* nur dadurch erfolgen, daß zwischen *E* und *b* ein Südpol entstanden war. — Die Declinationen der drei Magnetnadeln waren nach erfolgter Abkühlung der Stange folgende:

<i>C</i> . .	$39\frac{1}{2}^{\circ}$	westliche Abweichung des Nordpols der Nadel
<i>D</i> . .	$48\frac{1}{2}^{\circ}$	" " " " " " " "
<i>E</i> . .	$73\frac{1}{2}^{\circ}$	" " " " " " " "

11. Durch alle diese Versuche ist nun erwiesen, daß weißglühendes Eisen eine magnetische Polarität nicht annimmt, ferner, daß die während der Rothglühhitze in der Eisenstange durch den Einfluß des Erdmagnetismus oder eines Magnetstabes erzeugte Polarität an solchen Stellen, wo die Stange noch weiß glüht, eine Unterbrechung erleidet, welche die Entstehung mehrerer entgegengesetzter Pole in der Stange zur Folge hat; ferner, daß die glühenden Eisenstangen in den Versuchen der HH. Barlow und Bonnycastle und in den jenen gleichenden, hier angeführten, Versuchen so lange Doppelmagnete waren, als sich eine weißglühende Stelle in der Mitte der Stange befand, und daß Hrn. Barlow's *negative Pole* die zugehörigen *inneren* Pole zu den beiden gleichzeitig vorhandenen *äußeren* Polen sind; auch sind die Gründe angegeben worden, weswegen diese beiden inneren Pole in der Nähe der Mitte der Stange vor ihrem Verschwinden am stärksten seyn müssen.

12. Eine gleiche Wirkung, wie an den sich unter den angeführten magnetischen Einflüssen polarisirenden Stangen von weichem Eisen eine einzelne weißglühende Stelle hervorbringt, zeigt sich auch an Magnetstäben, wenn diese an einer Stelle glühend gemacht werden. Ein runder Magnetstab von 1 Fuß Länge und 2 Linien Durchmesser, welcher vor einer Glasbläser-Lampe mit Weingeistflamme, in der Mitte, wo auch der magnetische Mittelpunkt oder Indifferenzpunkt desselben lag, glühend gemacht worden war, zeigte neue und stark wirkende Pole nahe über und unter der glühenden Stelle, welche die entgegengesetzten waren von denen an den Enden der Hälften, in welcher sie sich befanden; kurz der einfache Magnetstab war, während der höchsten Gluth in der Mitte, ein Doppelmagnet geworden, mit zwei Paar entgegengesetzten Polen und zwei dazwischen liegenden magnetischen Mittelpunkten. Sobald die Mitte des Stabes dunkelroth glühte, war er wieder ein einfacher Magnet, wie vorher.