

VII. *Bestimmung der magnetischen Inclination und Intensität für Berlin im Jahre 1846;*
von A. Erman.

I. *Inclination.* Die hier darzustellenden Beobachtungen habe ich im Freien, an demselben Punkte gemacht, an dem ich die Inclination schon früher, und zuletzt im September 1838 bestimmte. Er liegt unter:

52° 31' 36" Breite
 und 11° 4' 49" O. v. Paris.

Das dazu gebrauchte Gambey'sche Inclinatorium ist dasselbe welches ich auf meiner Reise um die Erde angewendet habe, und, außer den Excentricitäten der Schwerpunkte für die zu diesem Instrumente gehörigen Nadeln, ist seitdem alles an ihm unverändert geblieben. Es gilt dies namentlich auch von den achatischen Axenlagern desselben, welche noch immer so gestellt sind, daß sie der auf ihnen ruhenden Nadelaxe eine Neigung von nur 8' 27" gegen eine, zu der aufrechten Axe des Inclinatoriums rechtwinklichten Ebene geben. Aus der Theorie der Beobachtungen mit diesem Instrumente, die ich früher bekannt gemacht habe (*Reise um die Erde, physikalische Beobachtungen*, Bd. 2, S. 9 bis 24, 48 bis 50), folgt:

- 1) daß die eben genannte Neigung der Axenlager bei weitem zu klein ist, um einen bemerkbaren Einfluß auf irgend eine abgelesene Stellung der Nadeln auszuüben;
- 2) daß der Verticalkreis des Instruments bis auf völlig unmerkliche Größen, in den magnetischen Meridian gebracht wird, wenn man ihn in die Mitte zwischen denjenigen zwei Stellungen versetzt, bei welchen die in ihm befindliche Nadel senkrecht war, und
- 3) daß man auch von dem etwanigen *Collimationsfehler jenes Kreises*, d. i. von dem Winkel zwischen seinem mit 90° bezeichneten Durchmesser und zwischen einem

anderen, im Vertical der Nadelaxe gelegenen, ganz frei wird, wenn man, anstatt jeder einzelnen Ablesung an der Nadel, das arithmetische Mittel aus zweien anwendet, bei denen die Nadelaxe gegen die Weltgegenden gleiche, gegen den verticalen Limbus des Instruments aber entgegengesetzte Lagen hatte.

Bekanntlich bleibt nun aber jede abgelesene Stellung der Nadel, selbst wenn sie unter diesen vereinfachenden Umständen und bei bekanntem Azimut ihrer Axe geschehen ist, *von vier unbekannten Größen* abhängig. Die *eine* ist die, hier mit *i* zu bezeichnende, *gesuchte Inclination der magnetischen Kraft*. — Die drei anderen lassen sich mit den wenigsten Worten definiren, wenn man sich zuvor, anstatt der Drehungsmomente welche die Erde auf sämtliche magnetische Theilchen der auf ihren Lagern befindlichen Nadel ausübt, einen, diese Einwirkung genau ersetzenden, dem Erdmagnetismus parallelen, aber nur an *einem Punkte* angebrachten Zug denkt. Bekanntlich hat dann das Perpendikel von diesem Punkte, den ich den *Magnetpunkt* nennen will, eine mit der Nadel fest verbundene, und nur von der Kraftvertheilung in dem Stahle desselben abhängige Richtung. Dieses Perpendikel ist namentlich eine der magnetischen Axen der Nadel. Was aber die Länge desselben und die Intensität der in Magnetpunkte wirksamen Kraft betrifft, so ist nur das Product aus diesen beiden Größen in jedem Augenblick als völlig bestimmt, ihr Quotient aber als willkürlich zu betrachten ¹⁾. Man kann darüber unter andern so disponiren, daß man die, ohne Rücksicht auf ihre Vorzeichen summirten, Producte des Erdmagnetismus in die südlichen und nördlichen Kräfte der Nadel, dem Gewichte der letzteren gleich annimmt. Die Drehungsmomente, welche beziehungsweise von der Schwere und vom Erdmagnetismus auf die Nadel ausgeübt werden, verhalten sich dann zu einander, wie der Abstand ihres Schwerpunktes von der Drehungsaxe, zu dem Abstände ihres

1) Jenes Product ist auch, bei einerlei Streichung der Nadel, für alle unter einander parallelen Drehungsaxen identisch.

Magnetpunkts von derselben. Auch giebt es dann mancherlei Mittel um jeden dieser beiden Abstände, und mithin auch ihre Producte mit dem Gewichte der Nadel, oder jedes der beiden Drehungsmomente, in absolutem Maafse zu bestimmen.

Die drei erwähnten Unbekannten, von denen jede, bei bekanntem Azimute der Drehungsaxe, abgelesene Stellung der Nadel abhängt, sind aber demnächst, wenn man unter *Collimationslinie der Nadel* die ihre Spitzen verbindende Grade versteht:

P oder der Winkel zwischen dem Perpendikel vom Schwerpunkt auf die Drehungsaxe (dessen Länge $= p$ sey) und zwischen einer bestimmten Hälfte der Collimationslinie.

K oder der Winkel zwischen dem Perpendikel vom Magnetpunkt auf die Drehungsaxe (dessen Länge $= x$ sey) und zwischen derselben Hälfte der Collimationslinie;

und $k = \frac{p}{x}$ oder der Quotient aus den Abständen des

Schwerpunkts und des Magnetpunkts von der Drehungsaxe. Liest man nun, während sich der Verticalkreis des Inclinatoriums im Meridian, und eine bezeichnete senkrechte Fläche der Nadel zuerst vorn und dann hinten befindet, die Neigungen der Collimationslinie der Nadel I und I' ab, so ist bekanntlich jede dieser Zahlen durch eine von zweien, wesentlich verschiedenen, Gleichungen mit den vier Größen i , P , K und k verbunden. Noch zwei neue und wiederum verschiedene Bedingungen entstehen aber, wenn man, nach *Umstreichung der Nadel*, I'' und I''' respective unter denjenigen Umständen abliest, die früher I und I' herbeiführten. In diesen letzteren Gleichungen haben dann i und P jedenfalls denselben Werth wie in den zwei ersten. Von K und k darf dagegen eine solche Unabhängigkeit von der Umstreichung nicht in aller Strenge behauptet werden; vielmehr kann sich, durch diese Operation sowohl die Richtung der Magnetaxen in der Nadel, als auch der Abstand ihres Magnetpunkts von der Drehungsaxe um etwas ändern. Es

sind demnach in den zwei letzten Gleichungen K' und k' für die in den zwei ersten durch K und k bezeichneten Größen zu schreiben, und eine strenge Bestimmung der *Inclination* hat es, wenn sie auf dem eben bezeichneten Wege beginnt, nicht mit vier, sondern mit sechs unbekannten Größen zu thun. Wenn man dennoch die *Inclination* i nur aus den vier beobachteten Werthen I bis I''' berechnen will, so kann dieß demnach nie ohne irgend eine nur angenähert wahre Annahme geschehen. Es bieten sich namentlich zwei dergleichen Annahmen dar, von denen, je nach der Besonderheit der angewandten Nadel, bald die eine, bald die andere eben so, oft aber auch gar keine als zulässig zu empfehlen ist.

Nimmt man an, daß die Magnetaxen der Nadel sowohl vor als nach dem Umstreichen, mit der Collimationslinie zusammenfielen oder daß $K=K'=0$ gewesen ist, so hat man i aus $I \dots I'''$ nach der sogenannten Mayer'schen Formel zu berechnen. — Zu demselben Zwecke ergibt sich aber die wesentlich verschiedene Rechnungsvorschrift, welche ich a. a. O. S. 21 bekannt gemacht habe ¹⁾, wenn man vor und nach der Umstreichung, den Magnetaxen ein und dieselbe, obgleich von der der Collimationslinie beliebig verschiedene, Richtung beilegt, und zugleich die Nadel beide Male gleich stark magnetisirt, mithin $K=K'$ und $k=k'$ voraussetzt.

Eine jede dieser Annahmen setzt nun das aus ihr ge-

- 1) Sie ist, unter Beibehaltung der bisherigen Bezeichnung, bei welcher an dem Limbus des Inclinatoriums die beiden Endpunkte eines jeden Durchmessers mit gleichen Zahlen, und der senkrechte mit der Zahl 90° versehen gedacht werden, die folgende:

$$\text{Mit } \frac{I+I'+I''+I'''}{4} = i' \quad \frac{I''-I}{2} = m \quad \frac{I'''-I'}{2} = n$$

$$\lg m, \lg n = \lg p \quad \frac{\lg m}{\lg n} = \lg q$$

$$\sin 2i' \cdot \sin 2q = h \cos H \quad \frac{\sin 2p \sin 2q}{h} = \sin k'$$

$$\cos 2i' \cdot \sin 2p = h \sin H$$

$$\text{ist: } i = i' - \frac{H}{2} + \frac{F}{2}$$

wonnene Resultat zweien Arten von Fehlern aus; namentlich einem direct von der Unwahrheit der Annahme herührenden, und einem zweiten, der aus der Combination der zufälligen Fehler der Ablesungen $I \dots I'''$ entspringt. Bezeichnet man mit f bis f''' die bei der Ablesung von I bis I''' begangenen Fehler, und mit φ deren arithmetisches Mittel, so ergeben sich für die durch I und II anzudeutenden, zwei Correctionen, deren Hinzufügung zu dem berechneten i dasselbe in das wahre i verwandelt, höchst nahe folgende Ausdrücke:

bei Anwendung der Mayer'schen Formeln

$$I = K \cdot \text{ctg } i \cdot \text{ctg } P$$

$$II = \frac{f - f' + f'' - f'''}{4} \cdot \text{ctg } i \cdot \text{ctg } P + \varphi.$$

Sollte, bei den dieser Rechnung zu Grunde liegenden Beobachtungen, die Richtung der Magnetaxen nicht bloß von der Collimationslinie verschieden, sondern auch nach der Umstreichung eine andere als vor derselben gewesen seyn, so hat man unter dem hier gebrauchten Zeichen K , die halbe Summe der früher mit K und K' bezeichneten Größen zu verstehen, wobei man den, jedenfalls weit geringeren, Einfluß ihrer halben Differenz bei der Fehlerschätzung übersieht.

bei Anwendung der zweiten Rechnungsvorschrift werden dagegen die zwei in Rede stehenden Correctionen zu:

$$I = \frac{k - k'}{2 \cdot \sin 1'} \cos i \cos P - \frac{K - K'}{2} \cdot \frac{k + k'}{2} \cdot \cos i \cdot \sin P$$

$$II = \left\{ \frac{f'' - f}{2} \cdot \sin(i + P) + \frac{f''' - f'}{2} \sin(i - P) \right\} \frac{k + k'}{2 \sin 2i} + \varphi.$$

Es folgt hieraus in Beziehung auf die Mayer'sche Formel, daß man sich derselben *nur* dann bedienen darf, wenn weder i noch P ein kleiner Winkel ist. In der Nähe des magnetischen Aequators ist demnach die Anwendung dieser Rechnungsvorschrift jedenfalls unzulässig. — Sie ist es aber auch an jedwedem Orte der Erde, für Nadeln deren Schwerpunktslinie mit der Collimationslinie nahe zusammenfällt; ein Umstand der sich bekanntlich dadurch zu erkennen giebt, daß die Umlegung der Axe bei weitem kleinere

Veränderungen der abgelesenen Neigungen zur Folge hat, als die Umstreichung, oder dafs $I - I'$ und $I'' - I'''$ sehr klein sind, im Vergleich mit: $\frac{I + I'}{2} - \frac{I'' + I'''}{2}$.

Die eben gemachte Beschränkung der Anwendbarkeit der Mayer'schen Formel würde auch dann noch gelten, wenn man es durch besondere Vorsichtsmafsregeln dahin gebracht zu haben glaubte, dafs nach jeder Streichung die Collimationslinie mit einer Magnetaxe zusammenfiele; weil auch dann noch ein Aggregat der unvermeidlichen Beobachtungsfehler, mit $\text{ctg } i \cdot \text{ctg } P$ multiplicirt würde. — Die Mayer'sche Formel besitzt dagegen den Vorzug, dafs das aus ihr gezogene Resultat durch die Gröfse des Schwerpunktfehlers (die Länge des Perpendikels p , und den ihr proportionalen Werth von k) nicht afficirt wird. An Orten wo die zu bestimmende Inclination grofs genug ist, bleibt es demnach immerhin rathsam jene Rechnungsvorschrift dadurch anwendbar zu erhalten, dafs man der Nadel ein, auf dem Perpendikel zu ihrer Collimationslinie gelegenes, Uebergewicht giebt. Um sich aber hierbei nicht der weit gröfseren Gefahr auszusetzen, dafs die Handhabung der Nadel beim Umstreichen eine Veränderung im Schwerpunkt derselben hervorbringe, müfste jenes Uebergewicht nicht durch eine an einem Seitenarme angeschraubte Masse entstehen, sondern etwa dadurch, dafs man dem Messingrahmen, welcher die Nadelaxe trägt, an einer seiner schmalen Seitenflächen gleich anfangs etwas mehr Metallstärke gelassen hätte, als an der anderen.

In Betreff der zweiten Rechnungsvorschrift zeigen die obigen Ausdrücke, dafs ihr Resultat von einer Veränderlichkeit des, constant vorausgesetzten, Winkels der Magnetaxen mit der Collimationslinie, oder von: $K - K'$, in allen practisch vorkommenden Fällen nur in so schwachem Maafse afficirt wird, dafs hieraus kein Einwurf gegen ihre Anwendbarkeit entstehen kann —, um so weniger wenn man, durch einige Wiederholungen der Beobachtungen, das, gewifs zufällige, Vorzeichen dieses kleinen Winkels verändert. Eben

so verhält es sich auch mit dem Einfluß der Beobachtungsfehler auf das Resultat dieser Rechnungsart, denn dieser kann nur etwa in äußerster Nähe am magnetischen Aequator die eigene GröÙe dieser Fehler merklich übertreffen, und er wäre selbst dann noch, durch Wiederholung der Beobachtungen, genugsam zu eliminiren. Die Unanwendbarkeit der in Rede stehenden Vorschrift kann demnach *nur* von der Nichterfüllung der, für sie vorausgesetzten *Gleichheit der Kraft der Nadel nach beiden Streichungen* herrühren. Der Ausdruck für den Einfluß dieses Umstandes oder:

$\frac{k-k'}{2 \sin i} \cos i \cos P$ zeigt, daß seine GröÙe, im ungünstigsten Falle, bis zu dem Bogen anwachsen kann, dessen Sinus $= \frac{k-k'}{2}$ ist. Er ist also, in sofern man den bei gleich

vorsichtigen Streichungen, aber bei verschiedenen Nadeln, zu befürchtenden Werthen von $\frac{k-k'}{2}$, ein *constantes* Verhält-

nifs zu $\frac{k+k'}{2}$ zuschreiben darf, mit der *letzteren GröÙe proportional*, oder, da die Abstände des Magnetpunktes von der Drehungsaxe bei verschiedenen Nadeln nahe gleich sind: nahe proportional mit dem *Abstände ihres Schwerpunkts von der Drehungsaxe*. Sind z. B. die Streichungen so geschehen,

daß $\frac{k-k'}{2}$ nicht wohl größer werden kann als $\frac{1}{10} \cdot \frac{k+k'}{2}$,

so wird man die in Rede stehende Methode ohne Bedenken für anwendbar halten, wenn $\frac{k+k'}{2}$ nicht mehr als

0,03 beträgt — weil sie alsdann ihr Endresultat im ungünstigsten Falle einem Fehler von $\pm 2'$ aussetzt, der sich durch Wiederholung der Beobachtungen verkleinern läßt.

Bei $\frac{k+k'}{2} = 0,10$ oder $= 0,15$ wird man sich dagegen, un-

ter sonst ganz gleichen Umständen, zur Vernachlässigung von $\frac{k-k'}{2}$ keinesfalls entschließen. Man könnte zwar, wie

schon angedeutet, eine Beruhigung wegen des Fehlers des Resultates, der von Unterschieden der successiven Excentricitäten des Magnetpunktes oder von dem daraus folgenden $k - k'$ herrührt, in dem Umstande finden, daß auch jene Unterschiede bei wiederholten Streichungen ihr Vorzeichen wechseln werden, aber

- 1) würde es einer unausführbar großen Anzahl von Wiederholungen des Umstreichens bedürfen, um so beträchtliche Einflüsse auf das Endresultat genugsam zu eliminiren, und
- 2) kann es geschehen, daß eine gegebene Nadel, entweder habituell oder doch mehrere Male hinter einander, ein stärkeres k erhält, wenn ihr sogenannter Nordpol in der einen Hälfte als wenn er in der anderen Hälfte ihres Stahles liegt. Diefs wird namentlich der Fall seyn, wenn sich, außer der durch die gewöhnlichen Streichungsmittel zu invertirenden Vertheilung des Magnetismus, irgendwo in der Nadel noch eine schwerer bewegliche, eingefunden hat. An verschiedenen Stellen verschiedene, chemische Beschaffenheit, oder ein nicht überall gleiches krystallinisches Gefüge könnten etwa dazu beitragen, und viele Erfahrungen sprechen dafür, daß dergleichen Unterschiede sich mit der Zeit, durch unbeachtete äußere Einflüsse, in Stahlmassen einfunden können, welche sie ursprünglich nicht besaßen.

Die zwei Nadeln: A und B , welche ich am 8. und am 20. März 1846 zur Bestimmung der Inclination an dem oben bezeichneten Punkte von Berlin gebraucht habe, waren nun zufällig von der Art, daß sie keine von beiden genannten Rechnungsarten zuließen.

Es betrug nämlich, wie schön eine vorläufige Berechnung der Beobachtungen zeigte, der Winkel P :

$$\begin{array}{l} \text{für Nadel } A \text{ etwa } 183^{\circ},5 \\ \text{Nadel } B \quad - \quad 203,4 \end{array}$$

wonach denn, bei $i = 67^{\circ},7$, die Anwendung der Mayer'schen Formel folgenden Fehlern ausgesetzt hätte:

$$\begin{aligned} \text{bei Nadel A: } & 6,84 \left\{ K + \frac{f - f' + f'' - f'''}{4} \right\} + \phi \\ - \quad - \quad B: & 0,95 \left\{ K + \frac{f - f' + f'' - f'''}{4} \right\} + \phi \end{aligned}$$

Sie hätte also, da K bei der gegenwärtigen Beschaffenheit dieser Nadeln nicht selten bis 15 beträgt, selbst für Nadel B . ein *sehr unsicheres*, für A aber, ein gar keine Beachtung verdienendes Resultat geliefert.

Die Anwendung der anderen Rechnungsart wurde dagegen durch die starken Abstände der Schwerpunkte der Nadeln von ihren Umdrehungsaxen, ebenfalls für beide, fast eben so unzulässig. Es betrug zwar diese Abstände, wie aus dem Folgenden hervorgeht, auch jetzt nicht mehr als

$$\text{für Nadel B: } p = 0,0176 \text{ Par. Lin.}$$

$$- \quad - \quad A: p = 0,0410 \quad - \quad -$$

da aber gleichzeitig der Magnetpunkt von der Drehungsaxe durch die angewandten Streichungsmittel nur entfernt werden konnte:

$$\text{für Nadel B um } x = 0,132 \text{ Par. Lin.}$$

$$- \quad - \quad A \quad - \quad x = 0,130 \quad - \quad -$$

so entstanden aus jenen, an für sich klein scheinenden, Excentricitäten des Schwerpunkts, die sehr großen Quotienten der Momente:

$$\text{für Nadel B etwa } k = 0,133$$

$$- \quad - \quad A \quad - \quad k = 0,315.$$

Da nun $\frac{k}{\sin l'}$ respective bis zu 286' und 676' stieg, so

mußte man auch, selbst bei vorsichtigem Streichen, wodurch das Verhältniß $\frac{2k}{k - k'} = \alpha$ möglichst groß wird, die Größe

$$\frac{k - k'}{2 \sin l'} = \frac{k}{\alpha \sin l'}$$

für sehr beträchtlich halten. Namentlich ergaben sich folgende Ausdrücke für die zu erwartenden Fehler, in einer nach der zweiten Methode bestimmten *Inclination*:

$$\text{mit Nadel B: } \frac{242'}{\alpha} - \frac{K - K'}{2} \cdot 0,118 - \frac{f'' - f}{2} \cdot 0,179$$

$$- \frac{f''' - f'}{2} \cdot 0,170 + \phi$$

$$\text{mit Nadel A: } \frac{626'}{\alpha} - \frac{K-K'}{2} \cdot 0,008 - \frac{f''-f}{2} \cdot 0,448 \\ - \frac{f'''-f'}{2} \cdot 0,393 + \psi$$

Man sieht daraus dafs, obgleich die *Veränderlichkeit der Magnetaxen* und die *Ablesungsfehler* auch für diese Nadeln nur ganz geringfügig auf das Endresultat der zweiten Rechnungsmethode einwirken, dieselbe doch, wegen der zu $\frac{1}{\alpha}$

ihres mittleren Werthes angenommenen Schwankungen der eigenen Intensität der Nadeln, nicht benutzt werden durfte.

Nachdem diese Ueberzeugungen gewonnen waren, habe ich aber *jede* willkürliche Annahme über die, bei der Inclinationsbestimmung in Betracht kommenden, unbekannten Gröfsen dadurch vermieden, dafs ich 1) nach jeder Streichung der Nadel die Dauer einer ihrer Schwingungen (T , T_i und T_{ii} , T_{iii}), bei denjenigen zwei Axenlagen bestimmte, und zum Resultate hinzuzog, bei denen respective I , I' und I'' , I''' abgelesen wurden, und ausserdem

2) auch die zwei Werthe des halben Unterschieds der beiden Azimute mit in Rechnung nahm, bei denen, in je einerlei Streichungszustand, die Nadel senkrecht wurde, wenn erst die eine und dann die andere ihrer Vorderflächen gegen die Nordhälfte des Horizontes gekehrt war.

Die zuletzt genannten zwei Winkel, α und α' , hängen nur von den mehr erwähnten sechs unbekannten Gröfsen ab, und zwar von der *Inclination selbst*, in kaum wahrnehmbarem Grade; die vier beobachteten Schwingungsdauern T , T_i , T_{ii} , T_{iii} aber von denselben Gröfsen, und ausserdem von noch einer, die sich aus dem Trägheitsmomente der Nadel in Beziehung auf ihre Drehungsaxe und aus dem Abstände, p , ihres Schwerpunkts von derselben zusammensetzt. Im Ganzen liefert also eine auf diese Weise angeordnete Beobachtungsreihe zehn Gleichungen, in welchen die 7 darin eingehenden Unbekannten mit genugsam verschiedenen Coëfficienten versehen sind, um ihrer Bestimmung das nöthige Gewicht zu geben.

Man

Man übersieht dies wie folgt:

Die, auf unendlich kleine Bogen reducirte und in Sekunden ausgedrückte, Schwingungsdauer eines beliebigen Körpers ist, wenn R das ihn nach sehr kleiner Ablenkung in die Gleichgewichtslage treibende Moment, M sein Gewicht, MI^2 sein Trägheitsmoment in Beziehung auf die Drehungsaxe, und λ die Länge des einfachen Sekundenpendels bezeichnen:

$$l = \sqrt{\frac{MI^2}{\lambda \cdot R}}$$

Da nun, unter den Bedingungen unter denen wir die Schwingungsdauer $T \dots T_{iii}$ für eine Inclinationsnadel beobachtet annehmen, die Werthe von R respective sind:

$$R \text{ für } T = (1 - 2k \sin(i \pm P \mp K) + k^2)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{Mp}{k}$$

$$R \text{ für } T'' = (1 + 2k' \sin(i \pm P \mp K') + k'^2)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{Mp}{k'},$$

so folgt:

$$\frac{T^2}{T'^2} = \frac{A^2 k^2}{1 - 2k \sin(i \pm P \mp K) + k^2}$$

$$\frac{T''^2}{T_{iii}^2} = \frac{A^2 k'^2}{1 + 2k' \sin(i \pm P \mp K') + k'^2},$$

wenn man die Gröfse: $\frac{l^2}{\lambda \cdot p} = A$ setzt.

Man sieht hieraus zunächst, dafs man den Schwerpunktsabstand p in demselben Maafse ausgedrückt erhält, welches den Ausmessungen der Nadel sowohl als der Länge des Sekundenpendels zu Grunde liegt, sobald nur A^2 aus den Schwingungszeiten und das Trägheitsmoment MI^2 auf irgend eine andere Weise bekannt geworden ist.

Was aber die Bestimmung von i betrifft, so kommen zu den zuletzt angeführten Gleichungen für $T^2 \dots T_{iii}^2$ noch folgende, für die halben Unterschiede a und a' der zwei Azimute, bei denen die Nadel vor dem Umstreichen, und derjenigen, bei denen sie nach dem Umstreichen senkrecht war:

$$\sin a = + K \sin l' \cdot \operatorname{tg} i - \frac{k \sin P}{\sin i}$$

$$\sin a' = -K' \cdot \sin i' \cdot \operatorname{tg} i - \frac{k' \cdot \sin P}{\sin i},$$

so wie endlich die vier auf die mehrerwähnten Neigungswinkel bezüglichen Gleichungen:

$$\sin(i - I - K) - k \cos(I + P) = 0$$

$$\sin(i - I' + K) - k \cos(I' - P) = 0$$

$$\sin(i - I'' - K') + k' \cos(I'' + P) = 0$$

$$\sin(i - I''' + K') + k' \cos(I''' - P) = 0.$$

Es kann daher den nunmehr vorhandenen *zehn* Bedingungen durch die zu findenden Werthe der *sieben* Unbekannten nicht vollständig, sondern nur in sofern genügt werden, daß die Summe der Quadrate der in den beobachteten Werthen zurückbleibenden Fehler die *kleinste*, und somit die Werthe der gesuchten, welche diese Fehler zurücklassen, die *wahrscheinlichsten* seyen. — Bezeichnet man namentlich die von ihren Fehlern befreiten

$$\text{Neigungswinkel mit: } I + f, I' + f' \dots I''' + f'''$$

$$\text{Schwingungswinkel mit: } T + \varphi, T' + \varphi' \dots T_{in} + \varphi'''$$

$$\text{Azimutunterschied mit: } a + \psi, a' + \psi'$$

und eben so die wahren Werthe der gesuchten mit:

$$i + \Delta i, K + \Delta K \dots A + \Delta A,$$

während $i, K \dots A$ Näherungswerthe für dieselben Größen vorstellen, so zeigt die Entwicklung der linearen Gleichung zwischen jedem der genannten Fehler einerseits, und den gesuchten Correctionen der Näherung Werthe von der andern, daß z. B. das Δi in den Ausdrücken für $f \dots f'''$ bei weitem größere Coefficienten erhält als in denen für $\varphi \dots \varphi'''$, und für ψ und ψ' . Eben so verhält es sich mit den Coefficienten von ΔK und $\Delta K'$, während die für Δk und $\Delta k'$ in den Ausdrücken für die f und für die φ , und die Coefficienten von ΔP in den Gleichungen für die f , für die φ und für die ψ weit näher von gleicher Größe sind. Die Auflösung der, durch eine einfache Differentiation gebildeten und dann numerisch berechneten, Gleichungen dieser Art, kann jedoch in diesem Falle nicht unmittelbar so geschehen, daß man die Summe der Quadrate der Fehler oder $(f^2 + \dots + f'''^2 + \varphi^2 + \dots + \varphi'''^2 + \psi^2 + \psi'^2)$ zu einem Minimum mache, weil respective die f , die φ und die ψ in Bogenminuten des Inclinationskreises, in Zeitse-

cunden und in Bogenminuten des Azimutkreises ausgedrückt sind. Man muß vielmehr in diesem, wie in vielen ähnlichen Fällen, zuvor über die Zahlwerthe entscheiden, welche gleiche wahrscheinliche Fehler aus den drei genannten Klassen besitzen. Die mehrmalige Wiederholung gleichartiger Beobachtungen schien mir hierzu das einfachste Mittel, und ich habe durch dessen Anwendung gefunden, daß man in der reducirten Schwingungsdauer einer Gambey'schen Inclinationsnadel etwa eben so oft um 0,01 Zeitsecunde irrt, wie bei den im Meridian abgelesenen Neigungswinkeln um 3 Bogenminuten, so wie auch, daß der zuletzt genannte Fehler gleiche Wahrscheinlichkeit besitzt mit einem Fehler von 30 Minuten in der Bestimmung des Unterschiedes der Azimute, bei denen die Nadel senkrecht ist.

Man entspricht diesen Erfahrungen indem man eine jede der Gleichungen für $\varphi \dots \varphi'''$ mit 300, eine jede Gleichung für ψ und ψ' mit 0,1 multiplicirt, und dann, nachdem 300 $\varphi = f^{(3)} \dots 0,1\psi = f^{(9)} \dots$ bezeichnet worden ist, auf die bekannte Weise der Bedingung: $\Sigma(f^2) = \text{Minimum}$ genügt.

Die mit dem letzteren Ausdrücke identischen sieben linearen Endgleichungen:

$$\Sigma f \frac{df}{di} = 0 \quad \Sigma f \frac{df}{dK} = 0 \quad \dots \quad \Sigma f \frac{df}{dA} = 0,$$

habe ich so benutzt, daß ich die, nach Ausschluss von $\Sigma f \cdot \frac{df}{dP} = 0$ übrigbleibenden sechs, für drei einander nahe gelegene und namentlich um je 1° verschiedene Werthe des Winkel P gebildet und aufgelöst, zuletzt aber denjenigen interpolirten Werth von P nebst dem ihm entsprechenden Systeme der übrigen Unbekannten beibehalten habe, welche unter allen die kleinste Summe der Fehlerquadrate zurückliefen.

Was die Beobachtungen selbst betrifft, so habe ich nur noch in Betreff der Schwingungsdauern zu bemerken, daß eine jede derselben, nach der Methode der kleinsten Quadrate, aus sieben beobachteten Momenten, nämlich aus den

Anfängen der 0ten, 10ten . . . bis zur 60ten Schwingung geschlossen, daß der Schwingungsbogen am Anfang und am Ende einer jeden solchen Reihe, durch dreimalige Ablesung, bestimmt und die Reduction auf unendlich kleine Bogen in der Voraussetzung einer der Zeit proportionalen Abnahme der Logarithmen der Schwingungsbogen gemacht wurde. Wenn diese Reduction, so wie hier, an dasjenige Resultat für die Dauer einer Schwingung angebracht werden soll, welches sich nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den Beobachtungen der Enden mehrere Complexe von Schwingungsdauern ergab, so setzt sie sich bekanntlich aus den Ausdrücken für den Schwingungsbogen am Ende eines jeden dieser Zeitintervalle auf eine Weise zusammen, welche ihre Berechnung beträchtlich complicirter macht, als in dem Falle von nur einer Anfangs- und einer End-Beobachtung. Ich habe mich, um dieselbe zu erhalten, der Rechnungsvorschrift und der darauf begründeten Tafeln bedient, die ich, zugleich mit meinen früheren magnetischen Beobachtungen, entwickelt und bekannt gemacht habe (Reise um die Erde. Physik. Beob. Bd. 2, St. 52 und 57).

Eine jede der vier fraglichen Schwingungsdauern wurde außerdem, ebenso wie jeder der vier Neigungswinkel $I \dots I'''$, bei denjenigen zwei Lagen des Apparates bestimmt, die sich nur durch ein verschiedenes Vorzeichen der Collimation des Kreises unterscheiden, und welche daher, bis auf Zufälligkeiten, auch in Beziehung auf die Schwingungsdauer als identisch zu betrachten waren. Der Grad der Uebereinstimmung zweier Resultate dieser Art kann etwa nach folgenden Beispielen beurtheilt werden, welche aus den vierundzwanzig ähnlichen Reihen, die mir vorliegen, ohne Auswahl entnommen sind. Ich habe dabei durch e und e' den halben Schwingungsbogen am Anfang und am Ende jeder Reihe bezeichnet, unter *Kreuz* eine Marke auf einer der Nadelflächen verstanden, und von den beobachteten Momenten respective die Enden der 0ten und 60ten, der 10ten und 50ten, und der 20ten und 40ten Schwingung in einerlei Horizontalreihe geschrieben, weil bekanntlich die Differen-

zen eines jeden dieser Paare am leichtesten zu dem gesuchten Resultate führen.

Nadel B. März 20.

Erste Streichung.

I. Limbus gegen Osten. Kreuz vorne.	II. Limbus gegen Westen. Kreuz hinten.
0' 48",8 3' 48",4	17' 29",8 20' 26",4
1 19,6 3 19,2	17 59,0 19 57,2
1 49,6 2 49,4	18 28,4 19 27,6
2' 19",8	18' 58",4
$\epsilon = 58^{\circ},25$ $\epsilon' = 14^{\circ},45$	$\epsilon = 45^{\circ},9$ $\epsilon' = 7^{\circ},65$.

Es folgt

$$\begin{aligned}
 \text{aus I: Dauer einer Schwingung} &= 2'',99212 \\
 \text{Red. wegen Bogen} &= -0,06286 \\
 T &= 2'',92926 \\
 \text{aus II Dauer: einer Schwingung} &= 2'',94790 \\
 \text{Red. wegen Bogen} &= -0,03140 \\
 T &= 2'',91646 \\
 \text{Im Mittel } T &= 2'',92286.
 \end{aligned}$$

Nadel A. März 20.

Zweite Streichung.

I. Limbus gegen Osten. Kreuz vorne.	II. Limbus gegen Westen. Kreuz hinten.
10' 27",6 14' 12",8	25' 35",6 29' 20",4
11 6,0 13 36,0	26 14,4 28 43,4
11 44,0 12 58,6	26 51,6 28 6,8
12' 21",2	27' 29",6
$\epsilon = 56^{\circ},25$ $\epsilon' = 9^{\circ},36$	$\epsilon = 53^{\circ},50$ $\epsilon' = 8^{\circ},00$.

Es folgt:

$$\begin{aligned}
 \text{aus I Dauer einer Schwingung} &= 3'',75070 \\
 \text{Red. wegen Bogen} &= -0,05797 \\
 T_{II} &= 3'',69273 \\
 \text{aus II Dauer einer Schwingung} &= 3'',74143 \\
 \text{Red. wegen Bogen} &= -0,04835 \\
 T_{II} &= 3'',69308 \\
 \text{Im Mittel } T_{II} &= 3'',69290.
 \end{aligned}$$

Unter Beibehaltung der bisherigen Bezeichnungen ergaben nun meine Beobachtungen folgende Zahlen:

1846. März 7 23^u bis März 8 2^u ; mit Nadel B:

$I = 67^{\circ} 16',66$	$T = 2'',94078$	
$I' = 73 \ 23,79$	$T' = 3,00059$	$a = 9^{\circ} 11',5$
$I'' = 67 \ 33,31$	$T'' = 3,07841$	
$I''' = 62 \ 26,75$	$T''' = 3,01626$	$a' = 7 \ 37,5$

1846. März 19 20^u bis März 19 23^u ; mit Nadel B:

$I = 67^{\circ} 29',29$	$T = 2'',92285$	
$I' = 73 \ 18,25$	$T' = 3,00034$	$a = 9^{\circ} 17',5$
$I'' = 67 \ 41,25$	$T'' = 3,06895$	
$I''' = 62 \ 27,22$	$T''' = 3,02218$	$a' = 6 \ 57,0$

1846. März 29 23^u bis März 20 2^u ; mit Nadel A:

$I = 72^{\circ} \ 4',16$	$T = 2'',61891$	
$I' = 73 \ 39,00$	$T' = 2,62387$	$a = 2^{\circ} \ 7',5$
$I'' = 58 \ 23,87$	$T'' = 3,69290$	
$I''' = 56' \ 52,77$	$T''' = 3,66136$	$a' = 2 \ 44,5$

Die Darstellung derselben durch die gesuchten Größen und die endlichen Werthe dieser letzteren ersieht man aus folgenden Zahlen, welche erhalten wurden, indem man den in den Schwingungsdauern und in den Azimuten zurückbleibenden Fehlern, respective durch Multiplication mit 300 und mit 0,1, gleiches Maafs mit den Fehlern der Neigungswinkel gab, und bei Aufzählung der Fehler immer zuerst die zu den I , dann die zu den T und endlich die zu a und a' gehörigen nannte:

1) In den Beobachtungen von März 8 mit Nadel B bleiben als kleinste Fehler, mit:

$P=202^{\circ} 30'$		$P=203^{\circ} 30'$		$P=204^{\circ} 30'$	
f	f^2	f	f^2	f	f^2
-0',30	0,09	-0',83	0,69	-1',46	2,13
+1,09	1,19	-2,13	4,53	-2,81	7,90
-1,55	2,40	+1,52	2,31	+2,09	4,37
+2,18	4,76	+0,75	0,56	-0,65	0,42
+2,67	6,61	+2',43	5,91	+2',13	4,53
+1,53	2,34	+2,07	4,29	+2,64	6,96
-1,89	3,57	-0,90	0,81	-0,00	0,00
-2,94	8,65	-2,88	8,30	-2,88	8,30
+1',80	3,24	+2',17	4,72	+2',36	5,57
-5,49	30,15	-4,91	24,10	-4,46	19,84
$\Sigma(f^2)=63,00$		$\Sigma(f^2)=56,22$		$\Sigma(f^2)=60,02$	

Ist nun Ω^2 der kleinstmögliche Werth von $\Sigma(f^2)$, P_0 der ihm entsprechende Werth von P , so erhält man diese Größen bekanntlich durch Substitution der eben gefundenen drei Paare von Fehlern in die Gleichung:

$$\Omega^2 = \Sigma(f^2) + (P_0 - P)^2 \cdot x.$$

Es folgt:

$$\Omega^2 = 56,12 \quad P_0 = 203^\circ 38',46,$$

der mittlere Fehler für das Gewicht 1

$$= \sqrt{\frac{56,12}{(10-7)}} = 4,32,$$

und wenn man $(P_0 - 203^\circ 30')$ mit ΔP bezeichne

	Gewicht.	Wahrsch. Fehler.
$i = 67^\circ 39',69 - 0,0119 \cdot \Delta P = 67^\circ 39',59$	3,612	$\pm 1',54$
$K = +17',20 - 0,1465 \cdot \Delta P = 15',96$	1,1018	$\pm 2,21$
$K' = +12',78 - 0,1055 \cdot \Delta P = 13',67$	1,9811	$\pm 2,07$
$k = 0,146318 + 0,1515 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P = 0,146446$	5028200	$\pm 0,001299$
$k' = 0,121384 + 0,1444 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P = 0,121506$	11315000	$\pm 0,000866$
$A^2 = 4686,94 - 0,94798 \cdot \Delta P = 4678,92$	0,001378	$\pm 78,50$

2) In den Beobachtungen mit Nadel B von März 19 bleiben als kleinste Fehler mit:

$P = 202^\circ 30'$		$P = 203^\circ 30'$		$P = 204^\circ 30'$	
f	f^2	f	f^2	f	f^2
-0,69	0,47	-0,91	0,83	-1,26	1,59
+0,39	0,15	-0,18	0,03	-0,83	0,69
-0,17	0,03	+0,40	0,16	+1,28	1,64
-0,22	0,05	-0,37	0,13	+0,99	0,98
+3,49	12,17	+3,09	9,55	+2,95	8,70
-5,55	30,80	-4,83	23,32	-4,49	20,15
+3,69	13,61	+4,26	18,13	+4,67	23,71
-1,65	2,72	-2,49	6,20	-2,95	8,80
-0,83	0,69	-0,02	0,00	-0,33	0,11
-0,34	0,11	+0,08	0,00	+0,45	0,20
$\Sigma(f^2) = 60,80$		$\Sigma(f^2) = 58,35$		$\Sigma(f^2) = 66,47$	

Es folgt:

$$\Omega^2 = 57,99 \quad P_0 = 203^\circ 14',34.$$

Mittlere Fehler für das Gewicht 1 = 4,40

und hiermit, wenn man $(P_0 - 203^\circ 30') = \Delta P$ setzt:

		Gewicht.	Wahrsch. Fehler.
$i = 67^\circ 45',38 - 0,00037 \cdot \Delta P$	$= 67^\circ 45',38$	3,612	$\pm 1',56$
$K = + 8',51 - 0,1408 \cdot \Delta P$	$= + 10',71$	1,1018	$\pm 2',24$
$K' = + 12',59 + 0,1109 \cdot \Delta P$	$= + 10',86$	1,9811	$\pm 2',10$
$k = 0,145892 + 0,0783 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P$	$= 0,145800$	5028200	$\pm 0,001321$
$k' = 0,123398 + 0,0854 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P$	$= 0,123265$	11315000	$\pm 0,000880$
$A^2 = 4565,80 - 0,58304 \cdot \Delta P$	$= 4574,93$	0,001378	$\pm 79,78$

3) In den Beobachtungen mit Nadel A von März 20 bleiben als kleinste Fehler, mit:

$P = 182^\circ 50'$		$P = 183^\circ 50'$		$P = 184^\circ 50'$	
f	f^2	f	f^2	f	f^2
+1',05	1,10	+0',91	0,83	+0',72	0,52
-2,52	6,35	-1,86	3,46	-1,56	6,56
-4,94	24,41	+0,13	0,01	+5,48	30,02
-0,42	0,18	-0,55	0,30	-0,45	0,20
+0',27	0,05	-0',78	0,61	-1',77	3,13
+0,75	0,55	+1,48	2,19	+1,76	3,12
+1,29	1,67	+2,97	8,91	+4,91	24,10
-2,00	4,00	-3,46	11,97	-5,01	25,10
-3',20	10,34	+3',22	15,06	+4',52	20,43
-5,81	30,36	-4,29	18,41	-2,50	6,25
$\Sigma(f^2) = 78,91$		$\Sigma(f^2) = 61,75$		$\Sigma(f^2) = 119,43$	

Es folgt:

$$\Omega^2 = 59,13 \quad P_0 = 183^\circ 33',72$$

Mittlere Fehler für das Gewicht 1 = 4,44

und hiermit wenn man $(P_0 - 183^\circ 50',0) = \Delta P$ setzt:

		Gewicht.	Wahrsch. Fehler.
$i = 67^\circ 43',56 + 0,02074 \cdot \Delta P$	$= 67^\circ 43',21$	1,078	$\pm 2',96$
$K = - 7',47 - 0,2805 \cdot \Delta P$	$= - 2',88$	1,240	$\pm 2',69$
$K' = + 31',74 + 0,2504 \cdot \Delta P$	$= + 27',64$	3,761	$\pm 1',55$
$k = 0,303133 - 0,1041 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P$	$= 0,303603$	2709400	$\pm 0,001819$
$k' = 0,328281 + 0,0182 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta P$	$= 0,328252$	5432500	$\pm 0,001284$
$A^2 = 848,930 + 0,00973 \cdot \Delta P$	$= 848,775$	0,1246	$\pm 8,482$

Nach den drei einzelnen Resultaten:

$$i = 67^\circ 39',59 \pm 1',54 \text{ für } 1844 \text{ März } 8. \quad 0''$$

$$i = 67^\circ 45',38 \pm 1',56 \quad - \quad \text{März } 19. \quad 22''$$

$$i = 67^\circ 43',21 \pm 2',96 \quad - \quad \text{März } 20. \quad 1''$$

hat man demnach für den oben bezeichneten Ort, und etwa für März 14 1846 die Inclination $= 67^\circ 42',73$ zu setzen

mit einem *wahrscheinlichen Fehler* von $\pm 2',16$, und dieser Werth entfernt sich in der That von den einzelnen Bestimmungen um nur: $+3',14$, $-2',65$ und $-0',48$ mithin um Größen, welche die wahrscheinlichen Fehler der Messungen nicht mehr übertreffen als sich schon durch die geringe periodische Veränderlichkeit der Inclination, erklären läßt.

Ich habe früher durch geeignete Messungen, wenn die Pariser Linie als Maafseinheit gewählt wird, das Trägheitsmoment der angewendeten Inclinationsnadeln $= M \cdot 527 = M l^2$ gefunden, wenn M deren Gewicht bedeutet ¹⁾. Mit der Pendellänge $\lambda = 440,739$ folgen daher nun aus: $p = \frac{l^2}{\lambda A}$ und $k = \frac{p}{k}$, die *Abstände der Schwerpunkte von der Drehungsaxe* in Pariser Linien

für Nadel B $p = 0,0175$ nach der Bestimmung von März 8
 $p = 0,0177$ - - - - März 19

für Nadel A $p = 0,0410$ - - - - März 20
 und die *Abstände des Magnetpunktes von der Drehungsaxe* in Pariser Linien

für Nadel B, bei der ersten Lage der Pole	zweiten Lage der Pole
März 8 $x = 0,1439$	$x = 0,1194$
März 20 $x = 0,1434$	$x = 0,1213$
für Nadel A	
März 20 $x = 0,1250$	$x = 0,1352$

Hier scheint es mir kaum möglich die Thatsache, daß die Nadel B bei beiden Versuchen um etwa $\frac{1}{2}$ stärker wurde, während ihr Nordpol in der einen, als während er in der anderen Hälfte des Stahles lag, der (*möglichst gleich gemachten*), Handhabung der Magnetstäbe zuzuschreiben. Vielleicht eher dem Umstande, daß sich eine *viele Jahre hindurch unverändert gebliebene* Vertheilung des Magnetismus,

1) Namentlich betrügt

	Grammen
das Gew. des Stahles an jed. Nad.:	166,09 Gran Nürn. Med. Gew. $= 2,6785$
- - - Messings - - -	66,93 - - - $= 1,0794$
oder $M = 233,02$ Gr. N. M. G.	$= 3,7579$ Grammen (A. a. O. S. 4.)

schwerer invertiren läßt, als eine erst kürzlich eingeleitete. In der hier angewendeten *Nadel B* hatte in der That die erste Lage der Pole vor den Versuchen, sieben Jahre lang unverändert bestanden.

II. Intensität.

Die Intensität der magnetischen Horizontalcomponente habe ich, nach der Gauss'schen Methode, in der Mitte eines Zimmers gemessen, von welcher alle beträchtlichen Eisenmassen und Magnete in genugsamer und ungeänderter Entfernung gehalten wurden. Die darauf folgende Vergleichung der Schwingungsdauern einer Horizontalnadel an dieser Stelle und an dem oben bezeichneten Punkte im Freien (S. 519) gab den für diesen letzteren Punkt gültigen Werth der gesuchten Gröfse, und zeigte zugleich, dafs die ausserwesentlichen Einflüsse im Zimmer äufserst klein gewesen waren. Der gebrauchte Apparat bestand in dem Chronometer Kessels 1253, einem kleinen Kater'schen Kreise, einer Wage und einem der hiesigen Universität gehörigen kleinen Magnetometer von Meyerstein. Der Gang der angewandten Uhr folgte, mit weit mehr als genügender Schärfe, aus folgenden Sonnenhöhen unter der Polhöhe $52^{\circ} 31' 30''$:

		Angabe des	
1846.		Chron. K.	Kat. Kreises.
April	5.	19° 33' 21",55	18° 40',00 + n
-	7.	4 35 36,93	18 40,00 + n
-	7.	20 22 27,66	26 20,83 + n
-	14.	5 33 42,50	11 54,00 + n
-	19.	20 25 47,40	30 12,17 + n
-	22.	3 46 26,83	29 59,00 + n

bei denen n eine constante Correction wegen Einstellung der Wasserwage auf stets ein und denselben, ihrem wahren Nullpunkte nahe gelegenen, Theilstrich bedeutet, und jede Beobachtung mit sechs Einstellungen auf den *Mittelpunkt der Sonne* gleich gilt. Mit $n = +0',198$ ergeben sich die Unterschiede zwischen *Mittlerer Zeit (M)* und der *Angabe*

des Chronometers (K), so wie deren Vergleichung mit dem Ausdruck: $M - K = -35'',97 - 11'',2072$ (Datum — April 6,00) wie folgt:

			beob.	ber.
April	6,00	—	37'',69	— 35'',97
-	7,00	—	46,52	— 47,18
-	8,00	—	59,79	— 58,38
-	14,00	—	125,44	— 125,63
-	20,00	—	192,95	— 192,87
-	22,00	—	215,55	— 215,28.

Die tägliche Voreilung von $11'',207$ wäre hiernach bis auf $\pm 0'',088$ und der anzuwendende Ausdruck:

$\log(\text{Dauer in M. Zt.}) = \log(\text{Dauer in Uhrzeit}) - 0,0000563$, bis auf eine GröÙe sicher zu achten, welche zu der zu bestimmenden magnetischen Kraft nur $\pm \frac{1}{1000000}$ des Ganzen hinzufügt. Es fehlt indeß viel daran, daß sich eine ähnliche Sicherheit durch andere Theile des Apparates erreichen ließe, welche nun, bei der Rechenschaft über die Bestimmung der Hülfsgrößen, einzeln zu erwähnen sind.

Bekanntlich zerfällt jede Arbeit, welche die magnetische Horizontalcomponente in absolutem Maafse (T) ergibt, in folgende zwei Haupttheile:

- 1) den Schwingungsversuch, welcher, wenn: m das magnetische Moment des sogenannten Ablenkungsstabes, K sein Trägheitsmoment für die Axe um die man ihn schwingen läßt, und τ die Dauer einer der unendlich kleinen Schwingungen bedeutet, die er nur durch den Magnetismus machen würde, zur Bestimmung von mT durch folgenden Ausdruck führt:

$$mT = \frac{\pi^2 K}{\tau^2};$$

- 2) den Ablenkungsversuch. Wenn:

u' , u die Ablenkungen bedeuten, welche der horizontal, und auf den magnetischen Meridian senkrecht, gelegte Ablenkungsstab auf einen zweiten bewirkt, dessen magnetische Axe mit ihm in einerlei Horizontalebene, und dessen Mittelpunkt von seinem Mittelpunkte beziehungsweise um r' , r entfernt liegt, so wie

$\frac{1}{n'}$ für den abgelenkten Stab das Verhältniß der Drehungsmomente, welche die Torsion seines Aufhängungsfadens und der Magnetismus auf ihn ausüben, so ergibt dieser Versuch den Quotienten $\frac{m}{T}$ durch den Ausdruck:

$$\frac{m}{T} = \frac{n' + 1}{n'} \cdot \frac{r'^2 \operatorname{tg} u' - r^2 \operatorname{tg} u}{r'^2 - r^2}.$$

Der Quotient der unter 1) genannten Zahl durch die unter 2) genannte, ist daher das Quadrat der Gesuchten. Sowohl die *Schwingungsbogen* des Ablenkungsstabes in der ersten Hälfte jeder dieser Messungen, als auch die in deren zweiten Hälfte durch ihn bewirkten Ablenkungen u , u' werden, auch bei den kleinen Meyerstein'schen Magnetometern, durch einen Spiegel bestimmt, der nahe am Mittelpunkt des Stabes und nahe senkrecht auf seine Magnetaxe liegt. Namentlich wird am Fadenkreuz eines festgestellten Fernrohrs (des am Kater'schen Kreise befindlichen) derjenige Theilstrich einer festen Millimeterscale abgelesen, der von der Normale auf den Spiegel eben so weit abliegt, als ein anderer, in Vertical der optischen Axe gelegener, Strich derselben Scale. Ich habe diesen zuletzt genannten Theilstrich, auf die übliche Weise, durch ein über die Mitte des Objectivs gehängtes Bleiloth, vor jeder einzelnen Messung gefunden und abgelesen, und das Ganze stets so aufgestellt, daß die Verticalebene durch die optische Axe sowohl senkrecht gegen die Scale, als auch dem magnetischen Meridian, und mithin der Normale auf den Spiegel in dessen Ruhelage, sehr nahe war. Ist dann a der Unterschied der Ablesungen am Fadenkreuz bei zweien Richtungen der Nadel deren Azimutalunterschied w gesucht wird, so hat man in aller Strenge $\operatorname{tg} 2w = \frac{a}{R}$, wenn R den im magnetischen Meridian gemessenen Horizontalabstand der Scale, von einem um $\frac{1}{\mu}$ der Dicke des Glasspiegels hinter dessen

Vorderfläche gelegenen Punkt, und μ den Brechungsindex des Glases bezeichnen. Da das Endresultat aller Versuche sehr nahe umgekehrt proportional ist mit der Quadratwurzel aus dem *Maafse* der bei ihnen vorkommenden Ablenkungen, und daher direct proportional mit \sqrt{R} , so hängt zunächst alles von genauer Messung *dieser* Gröfse ab. Da mir die Anwendung von Maafsstäben zu diesem Zwecke durch den Kasten erschwert schien, welcher die Nadel und deren Spiegel von der Scale trennt, so habe ich es vorgezogen, bei jeder Versuchsreihe diejenigen mit $a, a' \dots$ Millimeter bezeichneten Scalpunkte abzulesen, die an das Fadenkreuz gespiegelt wurden, während das Theodolitenfernrohr um $o, u, u' \dots$ von dem magnetsichen Meridiane entfernt lag. Man hat dann: $R = \frac{1}{2} \left(\frac{a'-a}{\operatorname{tg} u} - \rho \right)$, wenn ρ die Anzahl Millimeter ist, um welche der Mittelpunkt des Theodoliten hinter der Scale lag. — Bei der gebrauchten Aufstellung war immer $\rho = 60$, und es ergab sich z. B. das R für die Ablenkungsversuche von Februar 27 aus

Ablesung	
am Kreis	im Spiegel
k	σ
238° 32',5	465,775
238 20,5	474,40
238 12,2	479,28
237 53,0	492,10
237 26,2	510,05
237 14,0	520,70

wobei unter Ablesung im Spiegel die Zahl: $\frac{\alpha + \alpha' + 2\beta}{4}$

gesetzt ist, wenn α, β, α' die drei Zahlen bedeuten, die man bei drei aufeinanderfolgenden, extremen Stellungen der Nadel ablas. Der auf der Nadel senkrechten Richtung des Fernrohrs entsprach $k = 237^\circ 43',2$. — Es werden nun diese Zahlen durch $\sigma = 499,876 + (237^\circ 43',2 - k) \cdot 0,697403$ am besten dargestellt, oder durch den dieser Gleichung entsprechenden Werth:

$$\log R = 3,06774 = \log \frac{1}{2} \left(\frac{0,697403}{\sin 1'} - 60 \right).$$

Ganz auf gleiche Weise erhielt ich die Werthe von R für die Schwingungsversuche und für die Ablenkungsversuche an den übrigen Beobachtungstagen. Die letzteren waren namentlich:

für Febr. 10:	$\log R \approx$	3,07928
- - 12:	\approx	3,07923
- - 15:	\approx	3,06363
- - 27:	\approx	3,06774

und zwar mit *wahrscheinlichen Fehlern*, die von $\frac{1}{100}$ bis zu $\frac{1}{10}$ des Ganzen betragen. Sie setzen die Werthe der Horizontalcomponente zu denen sie beitragen, einem *halb so großen Fehler* aus, und beeinträchtigen daher die Genauigkeit dieser Resultate weit mehr als alle übrigen Theile der zu denselben führenden Versuche ¹⁾.

Eine zweite Vorarbeit bestand in der Bestimmung des oben (S. 540) durch n' bezeichneten Quotienten aus den Drehungsmomenten, welche die Torsion seines Fadens und der Magnetismus auf den *abzulenkenden Stab* ausübten, so wie der vier analogen Gröſsen die respective für jeden der zwei angewendeten *Ablenkungsstäbe* (No. I und No. II) galten, während dieselben an einerlei Faden zuerst für sich (*unbelastet*) und dann mit einem Zusatzgewicht versehen (*belastet*) zum Schwingen aufgehängt waren. Ein jeder der zwei Kasten des Meyerstein'schen Apparates ist, zu diesem Ende, an dem Cylinder welcher den Aufhängungsfaden umgiebt, mit einem *Torsionskreise* versehen, an welchem man die Windung abliest die dem Faden, von einer bestimmten Lage desselben anfangend, gegeben wird. Die Gröſse n' habe ich mit Hülfe dieser Vorrichtung aus den Stellungen der Nadel, die mit bekannten Torsionen zusammentrafen, folgendermaßen gefunden:

- 1) Auch glaube ich nach diesen Erfahrungen, daß eine Bestimmung des R durch Maafstäbe, trotz der oben erwähnten Schwierigkeit derselben, dennoch der von mir gebrauchten Messungsart vorzuziehen ist, um so mehr, wenn man nicht Gelegenheit hat — so wie hier — die zufälligen Fehler der letzteren durch Wiederholungen der Versuche bei verschiedenen Aufstellungen unschädlicher zu machen.

Ablesung an
dem Torsionskreise der gespiegelten Scale

180°,2	482,25
240,2	501,34
300,2	521,50

bei denen die Scale vom Spiegel um $R=986,12$ abstand.

Es entsprechen ihnen $n'=103,8$; $\log \frac{n'+1}{n'}=0,00417$.

Ebenso fand sich für den *unbelastet aufgehängten Ablenkungsstab No. I*:

600' Torsion einer Verrückung des Spiegelbildes der Scale um 1,202 entsprechend; bei $R=1058,92$, und daraus:

das zugehörige $n=314,7$,

und endlich für den *belastet aufgehängten Stab No. II*:

3600' Torsion einer Verrückung des Spiegelbildes der Scale um 10,060 entsprechend, bei $R=1584,73$, und daraus

das zugehörige $n=329,9$.

Da nun, wie leicht zu sehen, für zwei gleich geformte und gleich constituirte Stäbe (wie No. I und II), bei Aufhängung an einerlei Faden, die Werthe der Größe n den Quadraten ihrer Schwingungsdauern umgekehrt proportional sind, so habe ich, nach den unten beizubringenden Bestimmungen dieser letzteren, die noch fehlenden zwei Werthe von n

für den *unbelasteten Stab No. II* $n=353,7$

- - *belasteten Stab No. I* $n=293,7$

angenommen. Die Dauer der durch Magnetismus allein bewirkten Schwingung eines Stabes ergiebt sich aus der *beobachtbaren* Dauer einer durch Magnetismus und Torsion zugleich bewirkten Schwingung desselben, durch Multiplica-

tion der letzteren mit $\sqrt{1+\frac{1}{n}}$, wonach, um sie zugleich

wegen der Torsion und wegen des oben erwähnten Umranges zu reduciren, zu den Logarithmen der *beobachteten* Schwingungsdauern zu addiren, waren

für No. I	unbelastet:	0,00063
- - II	-	0,00055
- - I	belastet	0,00067
- - II	-	0,00060.

Die zuletzt erwähnten Dauern habe ich darauf so bestimmt, daß jedesmal zuerst das Ende der 0^{ten}, 1^{ten} bis 10^{ten} Schwingung, nebst dem am Anfang und am Ende dieser Reihe stattfindenden Schwingungsbogen beobachtet wurden, darauf, mit der analogen Zugabe, die Enden der $(\mu+1)$ ^{ten}, $(\mu+2)$ ^{ten} bis $(\mu+10)$ ^{ten} und eben so die Enden der $(\mu+\mu'+1)$ ^{ten}, $(\mu+\mu'+2)$ ^{ten} bis $(\mu+\mu'+10)$ ^{ten} Schwingung u. s. w. Waren dann h und h_0 respective die durch Interpolation für die Mitte einer dieser Reihen, und für die Mitte der nächstfolgenden Reihe gefundenen Schwingungsbogen in Scalentheilen, so wurde von jedem der zehn Resultate für die Dauer *einer* Schwingung τ' , die sich aus den Differenzen der um μ oder μ' Schwingungen von einander gelegenen Beobachtungen ergaben, um sie auf unendlich kleinen Bogen zu reduciren, oder, um τ , zu erhalten, die folgende Reduction abgezogen:

$$\tau' - \tau = \frac{(h^2 - h_0^2) \tau' \text{ Mod.}}{(\log h - \log h_0) 512 R^2},$$

worin R den auf die früher angegebene Weise gemessenen Abstand der Scale vom Spiegel bedeutet. Sie ist eine, bei der Kleinheit der Winkel die den h entsprechen, hinreichend angenäherte Abkürzung der oben (S. 532) erwähnten allgemeinen Reduction.

So fanden sich z. B.:

Februar 8. No. I unbelastet				Februar 8. No. I belastet			
τ'	τ_i	mit		τ'	τ_i	mit	
		h	μ			h	μ
10",84715	10",84614	277,0	92	18",6409	18",6350	302,25	40
10",84342	10",84106	246,12	77	18",6491	18",6450	254,62	50
10",85537	10",85357	220,00	62	18",6388	18",6365	210,15	44
10",86411	10",86287	188,25	116	18",6405	18",6387	178,31	72
		152,25				134,92	
Im Mittel 10",85091				Im Mittel 18",63880			
dess. $\log = 1,03547$				dess. $\log = 1,27043$			
Uhr. u. Tors. +63				Uhr. u. Tors. +67			
$\log \tau = 1,03610$				$\log \tau = 1,27110$			

Die Anführung der völlig ähnlichen Einzelheiten aller übrigen Beobachtungen wäre nutzlos. Von ihren Resultaten ($\log \tau$) sind aber zunächst diejenigen zu betrachten, wel-

welche zur Bestimmung der Trägheitsmomente (K und $K+k$) eines jeden der beiden Stäbe im unbelasteten und im belasteten Zustande geführt haben. Sie waren:

No. I		No. II	
unbelastet	belastet	unbelastet	belastet
$\log \tau$	$\log T$	$\log \tau$	$\log T$
Februar 8 1,03610	1,27110	Februar 10 1,00725	1,24269
		Februar 15 1,00657	1,24185

Aus dem obigen Ausdrücke für die Gröfse mT (S. 539) folgt leicht, dafs, da K und $K+k$ die successiven Trägheitsmomente eines in Beziehung auf Magnetismus identischen Stabes bedeuten, dessen Schwingungsdauern nach einander τ und t sind:

$$K = k \cdot \frac{\tau^2}{t^2 - \tau^2} \quad \text{und} \quad K + k = k \cdot \frac{t^2}{t^2 - \tau^2},$$

und dafs mithin das *Trägheitsmoment selbst*, oder K durch die obigen Schwingungsdauern (τ und T) für jeden der zwei Stäbe bekannt ist, sobald nur der Zuwachs (k) es ist, den dasselbe durch die hinzugefügte Belastung erlitt. Bei dem Meyerstein'schen Apparat besteht dieser letztere in zwei vortrefflich gearbeiteten Messingcylindern, welche an Coconfäden so an den schwingenden Stab gehängt werden, dafs ihre Axen in genau mefsbarem Abstände parallel mit dem Aufhängungsfaden des Stabes zu beiden Seiten gleich weit von demselben liegen. Sind nun e die Entfernung der Axe eines jeden solchen Cylinders von dem Aufhängungsfaden, ρ sein Halbmesser, beide in Millimetern, und p sein Gewicht in Milligrammen, so folgt, wenn der Messung des Erdmagnetismus die jetzt üblichen Einheiten zu Grunde gelegt werden:

$$k = 2p \left(e^2 + \frac{\rho^2}{2} \right).$$

Ich habe nun, durch Messung mit einem der metrisch getheilten Stangenzirkel von Vande und Jeanray in Paris
 $e = 99,615$ $\rho = 5,00$

gefunden, und dann durch Wägung mit einem Gewichtsatze dessen Stücke ich, zu einem anderen Zweck, sehr

sorgfältig mit einer willkürlichen Einheit (γ) verglichen hatte, nach einander:

$$\begin{array}{r} p = 804,635 \cdot \gamma \\ p = 804,520 \cdot \gamma \\ p = 804,685 \cdot \gamma \\ \hline \text{oder im Mittel } p = 804,613 \cdot \gamma \end{array}$$

Die Bestimmung von γ habe ich nur auf Vergleichung mit einigen Grammentheilen gegründet, deren Summe nicht über 2,5 Gramme betrug, und daraus gefunden $\gamma = 62,165$.

Es würde folgen:

$$p = 50019.$$

Ein nur $\frac{1}{30000}$ ihres Nennwerthes betragender Fehler der zur Vergleichung gebrauchten kleinen Grammegewichte ist indessen so leicht möglich, daß ich vorgezogen habe Hrn. Meyerstein's Bestimmung als ganz richtig, und somit das Gewicht jedes Cylinders der von ihm beabsichtigten Größe, oder

$$p = 50000$$

vorauszusetzen. Es folgt hiermit:

$$\log k = 8,99720,$$

und aus den angegebenen Werthen von τ und t

für No. I		für No. II	
$\log K$	$\log (K - k)$	$\log K$	$\log (K - k)$
8,70690	9,17690	8,70567	9,17614
		8,70605	9,17661
		<u>8,70585</u>	<u>9,17634</u> im Mittel.

Ueber die zweiten Hälften der Beobachtungen oder die Ablenkungsversuche habe ich nur noch zu bemerken, daß ich mich durch vorläufige Messungen von der strengen Richtigkeit der Zahlen überzeugt habe, welche auf dem Meyerstein'schen Apparate für die Entfernungen (r und r') angegeben sind, in welchen man nach einander den Mittelpunkt eines ablenkenden Stabes von dem des abzulenken den bringt. Sie sind $r = \pm 600$ $r' = \pm 800$. Ein jeder der unten anzuführenden Werthe von u oder von u' ist das arithmetische Mittel aus der mit dem positiven und mit dem gleich großen negativen Werthe von r oder von r' beobachteten Ablenkung, so wie auch, durch öftere Ab-

lesungen der Ruhestellungen des Stabes zwischen den einzelnen Theilen der Versuche, von dem Einflusse der Declinationsveränderungen genugsam befreit. Auch wurde endlich noch ein Verdacht wegen magnetischer Anziehungen *vollständig beseitigt*, die auf den abzulenkenden Stab von den Theilen des Kastens aus Rothguß etwa ausgeübt würden, mit dem ihn der Künstler umgeben hat. Ich habe bald den einen, bald den andern dieser Theile weggenommen, ohne davon auf die Stellung des Magnetstabes irgend einen angebbaren Einfluß wahrzunehmen — und doch hatte mir damals ein Schreibfehler bei der Bestimmung der Trägheitsmomente ein so fehlerhaftes Endresultat der Versuche gegeben, daß der Verdacht einer störenden Einwirkung des Kastens eben so dringend erschien, als er jetzt gründlich widerlegt ist.

Die einzelnen Versuche zur *Bestimmung der Horizontalcomponente* des Magnetismus im Zimmer ergaben nun:

1846.	Mit		$\log \tau$	$r' = 800$ u'	$r = 600$ u	$\log R$	$\log m T$	$\log \frac{m}{T}$	T	Trägheits- moment.
Februar 10	Stab I	1,03248	126,012	302,100	3,07928	7,63674	7,13238	1,7862	K	
Februar 10	Stab II	1,00725	141,698	338,747	3,07928	7,68565	7,18641	1,7755	$\{K$	
Februar 10	Stab II	1,24269				7,68546			$\{K + k$	
Februar 12	Stab I	1,26795	125,600	299,895	3,07923	7,63530	7,13312	1,7827	$\{K + k$	
Februar 15	Stab II	1,00657	139,865	338,843	3,06363	7,68701	7,18974	1,7728	K	
Februar 15	Stab II	1,24185				7,68710			$\{K + k$	
Februar 27	Stab II	1,00739	140,273	337,683	3,06774	7,68538	7,19020	1,7684	K	
Februar 27	Stab I	1,03253	125,054	301,417	3,06774	7,63614	7,13763	1,7752	K	

Es folgt im Mittel für den Beobachtungsort im Zimmer:

$$T = 1,7768 \pm 0,0057.$$

Zur Uebertragung dieses Resultates auf den Punkt im Freien, an welchem die Inclination bestimmt ward, dienen dann endlich folgende, wegen der Schwingungsbogen bereits reducirte Schwingungsdauern eines Hansteen'schen Cylinders:

Im Zimmer. Februar 18. 2^h 33' bis 3^h 15':

3',14892

3,15085

3,14930

3,14653

im Mittel 3',14890 bei + 13° R. Temp. der Nadel.

Im Freien. Februar 18. 4^b 34' bis 5^b 28':

3'',13812

3,14039

3,13803

3,13838

im Mittel 3'',13873 bei $-2^{\circ},8$ R. Temp. der Nadel.

Im Zimmer Februar 18. 6^b 30' bis 7^b 0':

3'',14826

3,14562

im Mittel 3'',14694 bei $+11^{\circ}$ R. Temp. der Nadel.

Ich habe früher (*Physik. Beob. u. s. w.* Bd. 2, S. 54) gefunden, daß wenn $\log \tau$ und $\log \tau_0$ die sechsstelligen Briggs'schen Logarithmen der bei v Grad und bei 0 Grad Réaum. beobachteten Schwingungsdauern dieser Nadel bedeuten, dieselben hinreichend dargestellt werden durch:

$$\log \tau_0 = \log \tau - 96,2498.v.$$

Es werden hiermit die auf 0° Temperatur reducirten Schwingungsdauern:

im Zimmer 3'',13969

im Freien 3,14064,

und es sind demnach von der im Zimmer beobachteten magnetischen *Horizontalintensität*: 0,00064 ihrer eigenen Gröfse abzuziehen, um den, für den früher bezeichneten Punkt geltenden, Werth derselben Gröfse zu erhalten.

Hiernach ist endlich zu setzen:

$$\begin{array}{lcl} 1846 & \left. \begin{array}{l} \\ \text{Febr. — März} \end{array} \right\} & \text{bei } 52^{\circ} 31' 36'' \text{ Breite} \\ & & 11 \quad 4 \quad 49 \text{ O. v. Paris} \\ \hline & & i = 67^{\circ} 42',73 \quad T = 1,7757. \end{array}$$

Die letztere Zahl bedeutet bekanntlich, daß wenn man sich unter dem Namen *magnetischer Einheiten* zwei gleiche Quantitäten Magnetismus denkt, deren gegenseitige Einwirkung auf ein Millimeter Entfernung, ein Milligramm in der Secunde mittlerer Zeit ein Millimeter weit bewegt, die Wirkung von T auf eine magnetische Einheit, zur Bewegung eines Milligramms durch 1,7757 Millimeter in der Secunde hinreicht.

Die Horizontalcomponente des Erdmagnetismus in *Berlin* ist auch in früheren Jahren schon gemessen worden, und zwar in derjenigen willkürlichen Einheit deren Ver-

hältnifs zu der absoluten, welche dem T zu Grunde liegt, jetzt hinlänglich bekannt ist.

Bezeichnet man namentlich mit f eine in jener früher gebräuchlichen willkürlichen Einheit ausgedrückte Intensität, so folgt aus den drei absoluten Intensitätsmessungen, welche ich (1829 bis 1830) in *St. Petersburg*, in *San Francisco* und in *Rio Janeiro* durch Schwingungsversuche erhalten habe:

$$\log \frac{T}{f} = 0,54362^1).$$

und aus der absoluten Bestimmung, die Hr. Hofrath Gauss in Göttingen 1832 durch Ablenkungsversuche machte:

$$\log \frac{T}{f} = 0,54309.$$

Die letztere Verhältniszahl ergibt folgende Zusammenstellung der Resultate für 1846 mit der Intensitätsbestimmung für *Berlin* durch Hrn. v. Humboldt im J. 1805 ²⁾ und mit derjenigen die ich 1828, durch Anschliesung an dieselbe Einheit, die zuvor auf äusserst zuverlässige Weise durch Hrn. Hansteen über *Paris* nach *Christiania* und nach *St. Petersburg* übertragen worden, erhalten habe ³⁾.

<i>Berlin</i>	f	T
1805,5	0,47111	1,6376
1828,27	0,50280	1,7559
1846,13	0,50849	1,7757.

Dafs in der That, wie diese Resultate andeuten, die magnetische Horizontalcomponente für *Berlin* im ersten Viertel dieses Jahrhunderts eine unvergleichlich stärkere Abnahme erlitten habe als im zweiten, kann bis jetzt noch durch keine anderweitige Betrachtung wahrscheinlich gemacht werden. — Das gegenseitige Verhältnifs der zwei letzteren Resultate (für 1828 und 1846) kommt übrigens demjenigen sehr nahe welches Prof. Hansteen's durchaus zuverlässige Bestimmungen den nahe gleichzeitigen Intensitäten in *Christiania* anweisen ⁴⁾.

1) *Physik. Beob. u. s. w.* Bd. II, S. 453 und 454.

2) A. v. Humboldt, *Observat. astronomiques etc.*, T. I, p. LXXV.

3) *Phys. Beob. u. s. w.* II, S. 78.

4) Gauss und Weber, Resultate u. s. w. 1840, S. 59; und Hansteen, *de mutation. momenti virgae magneticae. Christianiae 1842.* p. 17.

<i>Christiania</i>	<i>f</i>	<i>T</i>
1828,16	0,44129	1,5410
1841,28	0,44798	1,5644.

In *St. Petersburg* und in *Jekatrinburg* ($58^{\circ} 13' 49''$ O. v. Par. $56^{\circ} 50' 38''$ Br.) haben sich dagegen in derselben Zeit beträchtlich verschiedene Veränderungen der Horizontalcomponente des Erdmagnetismus gezeigt, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht, von denen, gerade wie in *Berlin* und in *Christiania*, die für 1828 auf meiner directen Bestimmung der *f*, die späteren aber auf absoluten Messungen (directen Messungen von *T*) in den Russischen magnetischen Observatorien beruhen ¹⁾:

<i>St. Petersburg</i>	<i>f</i>	<i>T</i>
1828,50	0,46032	1,6075
1842,50	0,47483	1,6582

<i>Jekatrinburg</i>	<i>f</i>	<i>T</i>
1828,7	0,53574	1,8707
1842,5	0,52631	1,8379.

Es ist jedoch zu bemerken daß die zuletzt genannte Zahl, wegen der außerordentlichen Abweichungen der acht einzelnen Resultate aus denen sie hervorging, mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0,0291$ behaftet ist, und daß eine so ungewöhnliche Gröfse der zufälligen Fehler auch deren Befreiung von constanten Fehlern minder gewiß erscheinen läßt.

Die Säcularveränderung der *Inclination* für *Berlin* er giebt sich dagegen mit weit mehr Sicherheit aus folgenden Beobachtungen, welche, mit Ausnahme der ersten, sämtlich auf den oben bezeichneten Punkt, an dem die beiden letzten erhalten wurden, reducirt sind. Ich habe zu diesem Ende vorausgesetzt, daß in der Umgegend von *Berlin* einer Zunahme der Breite und einer Zunahme der östlichen Länge um $1'$, respective Inclinationszuwüchse von $+0',488$ und $-0',041$ entsprechen:

1) *Ermann*, a. a. O. S. 80 und 115; und *Annuaire magnet. etc. pour* 1842. *St. Petersburg*. 1844. p. 716.

Berlin

1806,0	69° 53'	v. Humboldt
1825,0	68 48,25	P. und A. Erman
1828,29	68 33,80	P. und A. Erman
1832,50	68 17,41	Rudberg und Encke
1836,87	68 6,76	Encke
1838,75	68 1,52	A. Erman
1846,20	67 42,73	A. Erman.

VIII. *Ueber die Erwärmung des Eisens beim Magnetisiren desselben.*

Um zu erfahren, ob im Eisen, bei seiner Magnetisirung durch den elektrischen Strom, Wärme entwickelt werde, hat Hr. Breda folgenden Versuch angestellt:

In das Innere einer Holzrolle, die mit einem Drahtgewinde umgeben war, ward ein Rohr von weichem Eisen gesteckt, das an beiden Enden luftdicht verschlossen war. Durch das eine dieser Enden ging ein offenes Glasrohr, abgesperrt durch einen Tropfen einer gefärbten Flüssigkeit. Ueberdies befand sich in dem Eisenrohr eine Antimon-Wismuth-Kette, deren Drähte zu dem anderen Ende hinausgingen und zu einem empfindlichen Galvanometer führten.

Zunächst verband Hr. B. das äußere Drahtgewinde auf continuirliche Weise mit einer galvanischen Kette, und versicherte sich dabei, daß von der direct in dem Gewinde erregten Wärme nichts durch die Holzrolle zu dem Eisenrohr überging. Hierauf machte er den Strom durch einen Rhctom, der die Kette etwa 30 Mal in der Secunde öffnete und schloß, discontinuirlich. Augenblicklich sah er den Tropfen in der Glasröhre fortrücken und die Nadel des mit der Thermokette verbundenen Galvanometers abweichen. Dabei liefs sich der gewöhnliche Ton hören. (*Compt. rend. T. XXI, p. 961.*)