JAHRES-BERICHT

ÜBER

DAS VEREINIGTE ALT- UND NEUSTÆDTISCHE

GYMNASIUM ZU BRANDENBURG

VON OSTERN 1873 BIS OSTERN 1874,

VERFASST

VON

DR. A. IMHOF,
DIREKTOR.

VORAN GEHT:

DIE BESTIMMUNG DER MAGNETISCHEN NEIGUNG. VON DR. HUTT.

BRANDENBURG A. D. H.
BUCHDRUCKEREI VON J. WIESIKE.
1874.

Die Bestimmung der magnetischen Neigung.

Die Gesetze des Erdmagnetismus werden aus Beobachtungen der Deklination, der Inklination und der absoluten Intensität abgeleitet. Von der Genauigkeit der Beobachtungen hängt die Richtigkeit der resultirenden Gesetze ab. Können Deklination und Inklination mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden, so hat auch die Ermittelung der absoluten Intensität keine Schwierigkeit.

Die Deklination konnte schon lange mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt werden, als die Beobachtungen der magnetischen Neigung noch immer durch Fehlerquellen beeinflusst wurden, die die Sicherheit der Resultate erheblich beeinträchtigten. Fast hundert Jahre hat man sich vergeblich bemüht, jene störenden Einflüsse zu eliminiren, und erst in neuerer Zeit sind geistreiche Methoden ersonnen worden, welche befriedigende Resultate liefern, dafür aber auch auf den Vorzug der Einfachheit Verzicht leisten.

Es ist interessant und von praktischem Nutzen, die Methoden kritisch zu durchmustern, deren sich die Physiker bis auf unsere Zeit bedient haben, die Inklination zu bestimmen, und zu untersuchen, in welchen Fällen die eine oder die andere derselben von besonderem Vortheil sein kann.

In dem folgenden ersten Theile meiner Abhandlung werde ich mich darauf beschränken, diejenigen Methoden zu erörtern, welche die Inklination aus direkten Ablesungen der Neigung oder aus Schwingungszeiten einer frei beweglichen Magnetnadel abzuleiten versuchen. — —

Könnte man der Beobachtung eine Magnetnadel unterbreiten, welche genau in ihrem Schwerpunkte unterstützt wäre, so würde sie sich mit ihrer magnetischen Axe dem magnetischen Meridiane parallel stellen und in demselben mit dem Horizonte einen Winkel bilden, der die magnetische Inklination wäre. Bezeichnet man nämlich die Intensität des Erdmagnetismus mit I, die Inklination mit i, den Winkel zwischen der magnetischen Axe der Nadel und dem Horizonte mit ϕ, das magnetische Moment derselben mit M, so wird die Gleichgewichtsstellung der Nadel im Meridiane durch die Gleichung bestimmt:

$$\mathrm{I\,.\,M\,.\,\sin i \cos\phi = I\,.\,M\,.\,\cos i \sin\phi}.$$

Hieraus folgt $\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi$, d. h. $i = \phi$. Wäre die Nadel nicht gerade in ihrem Schwerpunkte frei unterstützt, aber doch um eine Axe drehbar, die genau durch ihren Schwerpunkt ginge und auf ihrer magnetischen Axe senkrecht stände, so würde die obige Gleichung unverändert gültig bleiben, wenn die Nadel sich in der Ebene des magnetischen Meridianes frei bewegte. Bildete aber ihre Drehungsebene mit dem letzteren den Winkel α, so wäre die Gleichung des Gleichgewichts:

$$\mathrm{I\,.\,M\,.\,\sin i \cos\phi = I\,.\,M\,.\,\cos i \cos\alpha \sin\phi},$$

woraus $\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi \cos\alpha$ folgte.

Den Winkel α könnte man leicht mittelst einer zweiten in dem Azimuthe $\alpha + \frac{\pi}{2}$ angestellten Beobachtung eliminiren; denn wenn zu der Gleichung

$$\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi \cos\alpha \text{ die zweite}$$

$$\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi_1 \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) \text{ hinzutritt,}$$

so ergiebt sich aus beiden $\frac{1}{\operatorname{tg}^2 i} = \frac{1}{\operatorname{tg}^2\phi} + \frac{1}{\operatorname{tg}^2\phi_1}$.

Von Robert Normann*) an, welcher 1576 mit seinem Inklinatorium an die Oeffentlichkeit trat, bis auf unsere Zeit bemühte man sich, den einfachen Gedanken, den ich soeben erörtert habe,

---

*) Der wirkliche Entdecker der Inklination ist nicht Normann, sondern Georg Hartmann, Vikar an der St. Sebalduskirche zu Nürnberg. cf. Repert. d. Phys. Bd. II. 1838.

praktisch zur Messung der Inklination zu verwerthen. Es waren aber die Instrumente, deren man sich bediente, so fehlerhaft, dass die Resultate für denselben Ort häufig um zwei Grade differirten. Giebt ja Muschenbroek selbst noch in seiner Dissertation „de magnete“ an, dass die Neigung der Nadel von ihrer Länge abhängig sei.

Daher sah sich die pariser Akademie der Wissenschaften veranlasst, im Jahre 1743 auf die Erfindung der rationellsten Konstruktion eines Inklinatoriums einen Preis auszusetzen.

Den Preis gewann Daniel Bernoulli 1748. Von diesem Jahre an hat man die genaueren Messungen der Inklination zu datiren, denn Bernoulli gab nicht nur Vorschriften zur Konstruction vollkommenerer Instrumente, sondern gab auch den ersten Anstoss dazu, Methoden zu ersinnen, um mit Hülfe des Kalkuls durch eine geeignete Kombination von Beobachtungen diejenigen Fehler aus dem Resultate zu eliminiren, welche in Folge der Mangelhaftigkeit auch der besten Instrumente unvermeidlich sind.

Die Methode Bernoulli's.*)

Indem ich die Vorschriften, welche Bernoulli für die Anfertigung der Magnetnadel und des zugehörigen Gestells gegeben hat, übergehe, wende ich mich gleich zur Erörterung des sinnreichen Gedankens, durch den er den Einfluss der Hauptfehlerquelle aller Inklinatorien zu eliminiren gedachte. Diese Hauptfehlerquelle besteht in der Unmöglichkeit, Magnetnadeln zu konstruiren, bei denen die Drehungsaxe durch den Schwerpunkt geht.

Weil man — so sagt der gelehrte Physiker — die Wirkung der Schwere nicht verschwinden machen kann, so muss man versuchen, sie so zu verwenden, dass sie das Bestreben habe, der Nadel dieselbe Stellung zu verleihen, welche ihr auch der Erdmagnetismus, wenn er allein wirkte, geben würde; denn das ist klar, dass sich die beiden Kräfte nicht stören, wenn sie dieselbe Lage der Nadel anstreben. Kennte man die Inklination des Beobachtungsortes, so wäre es leicht, dem Schwerpunkte der Nadel eine solche Lage zu geben, dass sie vor ihrer Magnetisirung, während sie also allein der Einwirkung der Schwere unterläge, denselben Winkel mit dem Horizonte bildete, wie nach derselben. Kennt man nun aber die Inklination nicht, so müsste man versuchsweise die Lage des Schwerpunktes so lange verändern, bis die Neigung der Nadel im magnetischen und im unmagnetischen Zustande dieselbe wäre. Diese Neigung wäre die wahre Inklination.

Um diesen Gedanken praktisch zu verwerthen, erdachte Bernoulli einen Hülfsapparat, den er folgendermassen beschreibt.

Man verbinde mit der Magnetnadel einen kleinen Messingkreis, dessen Radius etwa 5 cm. betrage, dessen Ebene auf der Drehungsaxe senkrecht stehe und dessen Mittelpunkt in derselben liege. Alsdann bringe man auf dem Zapfen der Nadel einen kleinen Zeiger an, ähnlich dem Minutenzeiger einer Taschenuhr, welcher um die Axe der Nadel gedreht werden kann, ohne dass die letztere sich zu bewegen genöthigt wäre. Nach diesen Vorbereitungen, während welcher sich die Nadel in einem vollkommen unmagnetischen Zustande befinde, stelle man den Zeiger auf 0^0, lege die Nadel auf das Gestell und aequilibrire sie so, dass sie in der horizontalen Lage im Gleichgewicht ist. Dann ist man im Stande, ihr durch ein Verschieben des Zeigers jede beliebige Stellung zu geben. Man notire nun die Stellung des Zeigers, welche nothwendig ist, damit die Neigung der Nadel 5^0, 10^0, 15^0 etc. betrage und fertige darnach durch Interpolation eine Tafel an, in welcher nun für jeden Stand des Zeigers die Neigung der Nadel verzeichnet steht. Jetzt magnetisire man dieselbe so kräftig als möglich, wobei vor Allem dafür Sorge zu tragen ist, dass die magnetischen Pole mit den Spitzen derselben zusammenfallen, und drehe den Zeiger so lange, bis die Nadel eine Neigung hat, welche mit der in der Tafel für dieselbe Position des Zeigers notirten identisch ist. Diese Neigung ist die wahre Inklination des Beobachtungsortes — hinzufügen muss man — soweit sie nicht durch andere Fehler des Instrumentes beeinflusst wird und wenn vorausgesetzt wird, dass sich die Nadel in dem magnetischen Meridiane bewegt.

Theorie des Bernoulli'schen Apparates.)** (cf. Fig. 1.) Es bezeichne H die horizontale, S die vertikale Komponente des Erdmagnetismus, α das Azimuth der Drehungsebene der Nadel, gerechnet vom magnetischen Meridiane aus, ν das Nordende, σ das Südende derselben. Es bedeute ferner γ das Gewicht des Zeigers und zugleich in der Figur seinen Schwerpunkt, A die Drehungsaxe, $\gamma A = \delta$ die Entfernung des Punktes γ von A, ζ den Winkel, den der Zeiger in

*) Journal des savants. janvier 1757.
**) Acta acad. Petropol. 1778. tom. II. (W. L. Krafft.)

der betrachteten Position mit einer in Λ auf $\nu\sigma$ senkrecht stehenden Linie bildet, Γ das Gewicht der Nadel plus demjenigen des mit ihr fest verbundenen kleinen Kreises, zugleich in der Figur den Schwerpunkt dieses Systems, $\Gamma\Lambda = \Delta$ die Entfernung des Punktes Γ von Λ, η den Winkel zwischen $\Gamma\Lambda$ und der in Λ auf $\nu\sigma$ senkrecht stehenden Linie, ϕ den Winkel, den die unmagnetische Nadel bei der Zeigerposition ζ mit dem Horizonte $\mathfrak{H}\mathfrak{H}$ bildet, ϕ_i denjenigen, den die magnetische Nadel in dem Azimuthe α allein in Folge der Einwirkung des Erdmagnetismus mit dem Horizonte bilden würde.

Das Drehungsmoment der Schwere in Bezug auf das beschriebene Nadelsystem setzt sich aus zwei Theilen zusammen, von denen der eine sich auf den Schwerpunkt γ, der andere auf Γ bezieht. Der erstere ist $\gamma . \delta . \sin(\zeta - \phi)$, der andere $- \Gamma . \Delta . \sin(\eta + \phi)$, und daher ihre Summe:

$$\gamma . \delta . \sin(\zeta - \phi) - \Gamma . \Delta . \sin(\eta + \phi).$$

Das Drehungsmoment, welches von dem Erdmagnetismus herrührt, ist, wenn M wieder das magnetische Moment der Nadel, 2l die Länge derselben, I_α die Intensität des Erdmagnetismus in dem Azimuthe α bezeichnet, gleich

$$I_\alpha . M . l . \sin(\phi_i - \phi), \text{ oder,}$$

da $I_\alpha \sin\phi_i = I \sin i$ und $\operatorname{tg}\phi_i = \frac{\operatorname{tg} i}{\cos\alpha}$ ist, gleich:

$$I . M . l . (\sin i \cos\phi - \cos i \cos\alpha \sin\phi).$$

Daher ist die Gleichung des Gleichgewichts:

$$I . M . l (\sin i \cos\phi - \cos i \cos\alpha \sin\phi) + \gamma . \delta . \sin(\zeta - \phi) - \Gamma . \Delta . \sin(\eta + \phi) = 0. \quad (1)$$

Hieraus folgt:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\gamma . \delta . \sin\zeta - \Gamma . \Delta . \sin\eta + I . M . l \sin i}{\gamma . \delta . \cos\zeta + \Gamma . \Delta . \cos\eta + I . M . l \cos i \cos\alpha} . \quad (2)$$

Die Gleichung (1) lehrt, dass die Nadel für dieselbe Zeigerposition ζ vor und nach dem Magnetisiren dieselbe Neigung ϕ annimmt, wenn das in I . M multiplicirte Glied verschwindet, d. h. wenn

$$\sin i \cos\phi = \cos i \cos\alpha \sin\phi,$$

oder

$$\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi . \cos\alpha \text{ ist.}$$

Dies ist das Resultat, zu dem Bernoulli durch allgemeine Betrachtungen gelangt war.

Wenn $\operatorname{tg} i = \operatorname{tg}\phi \cos\alpha$ ist, so verschwindet das in M multiplicirte Glied, welchen Werth auch immer M haben möge. Daher wird man die Inklination auch aus einem solchen Winkel ϕ ableiten können, welcher die Neigung anzeigt, die die Nadel für dieselbe Zeigerposition ζ in zwei verschiedenen, übrigens beliebigen magnetischen Zuständen annimmt. In diesem Sinne ist die Bernoulli'sche Regel durch Malletus*) und Krafft**) abgeändert worden. Da es wohl selten gelingen wird, sagt der erstere, eine vollkommen unmagnetische Nadel herzustellen, so empfiehlt sich folgendes Verfahren:

Regel des Malletus: Nachdem man die Nadel stark magnetisirt hat, fertige man die Aequationstafel an. Alsdann vermindere man den Magnetismus der Nadel und suche diejenige Position des Zeigers, bei welcher die Nadel dieselbe Neigung hat, wie sie die Tafel für diese Zeigerposition angiebt. Diese Neigung ist, wenn die Nadel sich im Meridian bewegt, die wahre Inklination.

Mit Recht bemerkt Krafft zu dieser Vorschrift, dass es misslich sei, den Magnetismus der Nadel zu vermindern, weil dadurch auch die Wirkung des Erdmagnetismus auf dieselbe geschwächt werde. Er giebt daher folgende Regel:

Regel Krafft's: Nachdem man die Nadel magnetisirt hat, fertige man die Aequationstafel an. Alsdann magnetisire man die Nadel um und verfahre wie oben.

Beleuchten wir die drei entwickelten Vorschriften etwas näher:

Wenn es gelänge, eine Nadel herzustellen, die vollkommen unmagnetisch wäre, so wäre die Bernoulli'sche Regel sicherlich die beste; denn während sie allein voraussetzt, dass während der Dauer der Beobachtungen, d. h. so lange man sich derselben Aequationstafel bedient, der Schwerpunkt des Systems unverändert bleibt, setzen die beiden andern Methoden voraus, dass weder der Schwerpunkt noch die magnetische Axe ihre Lage verändern. Hätte man aber Grund, anzunehmen, dass die Nadel nach ihrer Anfertigung schon einen gewissen, wenn auch geringen Magnetismus besass, so wäre — da keineswegs anzunehmen ist, dass die Axe dieses durch zufällige Ursachen

*) Nova comment. Petrop. T. XIV. pars II.
**) Acta acad. Petrop. 1778.

erregten Magnetismus mit der Längenrichtung der Nadel zusammenfällt — die Regel Krafft's die vortheilhaftere, weil sie für die angestrebte Lage der magnetischen Axe während beider Theile der Beobachtungen die meiste Garantie bietet.

Bedenkt man nun aber ferner, dass die Anfertigung der Aequationstafel so mühsam und zeitraubend ist, dass der Bernoulli'sche Gedanke in praxi nur dann mit Vortheil angewendet werden könnte, wenn dieselbe Tafel an demselben Orte längere Zeit hindurch brauchbar wäre, so ist ersichtlich, dass man die Regeln Mallet's und Krafft's gänzlich verlassen muss, weil die magnetische Kraft der Erde nicht nur ihrer Intensität nach — dies wäre unwesentlich — sondern auch ihrer Richtung nach in einer fortwährenden Veränderung begriffen ist, also eine Tafel, die unter dem Einflusse des Erdmagnetismus angefertigt ist, zu jeder anderen als zur Zeit der Anfertigung unbrauchbar ist.

Eine dem Prinzipe nach nicht ungeschickte neue Anwendung des Bernoulli'schen Inklinatoriums rührt von Brander her, einem berühmten Augsburger Mechanikus aus der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts.

Wenn nämlich der Schwerpunkt der Nadel eine solche Lage hat, dass die Schwere die Inklination zu vergrössern strebt, so wird bei derjenigen Position des Zeigers, bei der Schwere und Erdmagnetismus sich nicht stören, die Neigung der Nadel ein Minimum sein. Hinzufügen muss man, dass diese Neigung ein Maximum sein wird, wenn der Schwerpunkt eine solche Lage hat, dass die Schwere die Inklination zu verkleinern sucht. Da man es nun in seiner Gewalt hat, den einen oder den anderen Fall nach Willkür hervorzurufen, so genügt es, das Verfahren für einen derselben anzugeben:

Brander's Regel:*) Man verrückt an dem Bernoulli'schen Inklinatorium den Zeiger so lange, bis man die kleinste Neigung der Nadel gefunden hat. Fällt die Drehungsebene derselben mit dem magnetischen Meridian zusammen, so ist jene Neigung gleich der magnetischen Inklination.

Ich habe nicht ermitteln können, ob diese Methode von einem Beobachter praktisch verwerthet ist, kann also auch über ihre relative Zuverlässigkeit gegenüber der Bernoulli'schen kein auf Erfahrungen gestütztes Urtheil abgeben. Bedenkt man aber, dass die menschlichen Sinne wenig geschickt sind, maxima und minima scharf zu beobachten, so wird man sagen müssen, dass die Methode Brander's vor den anderen zwar den Vorzug der Einfachheit, kaum aber den grösserer Genauigkeit voraus hat.

Sowohl Bernoulli als auch Mallet und Krafft verlangen, dass die Inklinationsbeobachtungen im Meridian angestellt werden. Wir haben am Anfange gezeigt, wie man diese Forderung durch Beobachtungen in zwei aufeinander senkrecht stehenden übrigens beliebigen Ebenen umgehen kann. Bernoulli hilft sich auf andere Weise, indem er durch das Inklinatorium selbst die Ebene des magnetischen Meridians bestimmt. Die Formel $\mathrm{tg}\phi_{\mathrm{i}} = \frac{\mathrm{tg\,i}}{\cos\alpha}$ zeigt, dass ϕ_{i} in dem Azimuth α gleich ist dem Neigungswinkel ϕ_{i}' für den Winkel $(-\alpha)$. Ermittelt man daher zwei Ebenen, in denen die Nadel dieselbe Neigung zeigt, so ist die Halbirungsebene des von ihnen gebildeten Winkels der magnetische Meridian.

Die Methode M. Euler's.**)

Der Erste, der den Bernoulli'schen Gedanken über die Bestimmung der Inklination fortbildete, war M. Euler, der Sohn.

Er lehrte, aus mehreren Beobachtungen Gleichungen bilden, durch die die störenden Faktoren, soweit sie ihm bekannt waren, eliminirt und der wahre Werth der Inklination bestimmt werden konnten. Er bediente sich also einer Methode, welche der der modernen Physiker schon sehr ähnlich ist. Indem wir uns derselben Zeichen bedienen, die wir früher erklärt haben, reproduciren wir die für die Neigung der Nadel gefundene Gleichung in der Form:

$$\mathrm{tg}\phi = \frac{\gamma\,.\,\delta\,.\,\sin\zeta - \Gamma\,.\,\Delta\,.\,\sin\eta + \mathrm{I}\,.\,\mathrm{M}\,.\,\mathrm{l}\sin\mathrm{i}}{\gamma\,.\,\delta\,.\,\cos\zeta + \Gamma\,.\,\Delta\,.\,\cos\eta + \mathrm{I}\,.\,\mathrm{M}\,.\,\mathrm{l}\cos\mathrm{i}\cos\alpha}, \text{ oder,}$$

indem wir $\frac{\Gamma\,.\,\Delta}{\gamma\,.\,\delta} = \mathrm{m}$, $\frac{\mathrm{I}\,.\,\mathrm{M}\,.\,\mathrm{l}}{\gamma\,.\,\delta} = \mathrm{n}$ setzen:

$$\mathrm{tg}\,\phi = \frac{\sin\zeta - \mathrm{m}\sin\eta + \mathrm{n}\sin\mathrm{i}}{\cos\zeta + \mathrm{m}\cos\eta + \mathrm{n}\cos\mathrm{i}\cos\alpha}.$$

---

*) Brander, Beschreibung eines magnetischen Deklinatorii und Inklinatorii. Augsb. 1779.

**) Hist. de l'acad. de Berlin. Tom. XI. a. 1755.

Da man ζ und ϕ beobachtet, so sind die zu eliminirenden resp. zu berechnenden Grössen allein in den Gliedern m $\sin\eta$, m $\cos\eta$, n $\sin i$, n $\cos i \cos\alpha$ enthalten. Man kann diese vier Unbekannten durch folgende Substitutionen auf drei reduziren:

$$-m \sin\eta + n \sin i = P$$
$$m \cos\eta = R$$
$$n \cos i = T. \text{ Dann wird}$$
$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\sin\zeta + P}{\cos\zeta + R + T \cos\alpha}$$

Man erhält die zur Bestimmung von P, R, T nothwendigen drei Gleichungen, indem man für die Zeigerpositionen ζ_1, ζ_1, ζ_2 in den Azimuthen resp. α_1, α_2, α_2 die drei Neigungswinkel ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 beobachtet. Dadurch erhält man drei Gleichungen:

$$\operatorname{tg}\phi_1 = \frac{\sin\zeta_1 + P}{\cos\zeta_1 + R + T\cos\alpha_1}$$
$$\operatorname{tg}\phi_2 = \frac{\sin\zeta_1 + P}{\cos\zeta_1 + R + T\cos\alpha_2}$$
$$\operatorname{tg}\phi_3 = \frac{\sin\zeta_2 + P}{\cos\zeta_2 + R + T\cos\alpha_2}, \text{ aus denen}$$

$$T = \frac{(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)\,[\sin\zeta_1 - \sin\zeta_2 + \operatorname{tg}\phi_3\,(\cos\zeta_2 - \cos\zeta_1)]}{(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)\,(\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_3)\,\operatorname{tg}\phi_1}$$
$$R = \frac{(\cos\alpha_2 \operatorname{tg}\phi_2 - \cos\alpha_1 \operatorname{tg}\phi_1)\,[\sin\zeta_1 - \sin\zeta_2 + \operatorname{tg}\phi_3\,(\cos\zeta_2 - \cos\zeta_1)]}{(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)\,(\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_3)\,\operatorname{tg}\phi_1} - \cos\zeta_1$$
$$P = \frac{\operatorname{tg}\phi_2\,[\sin\zeta_1 - \sin\zeta_2 + \operatorname{tg}\phi_3\,(\cos\zeta_2 - \cos\zeta_1)]}{\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_3} - \sin\zeta_1$$

folgt. Da nun ferner:

$$m = \frac{R}{\cos\eta};\; n = \frac{T}{\cos i};\; \operatorname{tg} i = \frac{P + R \operatorname{tg}\eta}{T} \text{ ist,}$$

so ist ersichtlich, dass i, m und n schon jetzt bestimmt werden könnten, wenn η bekannt wäre.

Verändert man den Magnetismus der Nadel auf irgend eine Weise, indem man ihn entweder verkleinert oder umkehrt, und beobachtet wiederum drei Neigungswinkel ϕ'_1, ϕ'_2, ϕ'_3, so kann man mittelst der entwickelten Formeln drei Grössen P′, R′, T′ berechnen, welche den Grössen P, R, T analog sind. Da R nach seiner Definition von dem Magnetismus der Nadel ganz unabhängig ist, so muss R′ = R sein, und man hat daher nur nöthig P′ und T′ zu berechnen. Dann aber ergiebt sich die Gleichung:

$$\frac{P + R\operatorname{tg}\eta}{T} = \frac{P' + R\operatorname{tg}\eta}{T'} \text{ und hieraus:}$$
$$\operatorname{tg}\eta = \frac{1}{R}\cdot\frac{P'T - PT'}{T' - T}.$$

Setzen wir diesen Werth für $\operatorname{tg}\eta$ in eine der Gleichungen: $\operatorname{tg} i = \frac{P + R\operatorname{tg}\eta}{T} = \frac{P' + R\operatorname{tg}\eta}{T'}$ ein, so erhalten wir das höchst elegante Resultat:

$$\operatorname{tg} i = \frac{P' - P}{T' - T}.$$

Da R von dem Magnetismus der Nadel unabhängig ist, so kann man, nachdem man einmal den Winkel η oder die Grösss R tg η berechnet hat, diesen Werth ein für alle Male als bekannt voraussetzen (natürlich innerhalb solcher Zeitgrenzen, innerhalb deren man den mechanischen Zustand der Nadel als konstant annehmen darf) und hat dann bei jeder neuen Inklinationsbestimmung nur zwei Beobachtungen zu machen, um die Werthe für P und T abzuleiten. Beobachtet man nämlich die beiden Winkel ϕ_1 und ϕ_2, so erhält man aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg}\phi_1 = \frac{\sin\zeta_1 + P}{\cos\zeta_1 + R + T\cos\alpha_1},\quad \operatorname{tg}\phi_2 = \frac{\sin\zeta_2 + P}{\cos\zeta_2 + R + T\cos\alpha_2}$$

die Werthe:

$$T = \frac{\sin\zeta_1 - \sin\zeta_2 - (\cos\zeta_1 \operatorname{tg}\phi_1 - \cos\zeta_2 \operatorname{tg}\phi_2) - R\,(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)}{\cos\alpha_1 \operatorname{tg}\phi_1 - \cos\alpha_2 \operatorname{tg}\phi_2},$$

$$P = \frac{(\cos\zeta_1 \cos\alpha_2 - \cos\zeta_2 \cos\alpha_1) \operatorname{tg}\phi_1 \operatorname{tg}\phi_2 + (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)\, R \operatorname{tg}\phi_1 \operatorname{tg}\phi_2 - (\sin\zeta_1 \cos\alpha_2 \operatorname{tg}\phi_2 - \sin\zeta_2 \cos\alpha_1 \operatorname{tg}\phi_1)}{\cos\alpha_2 \operatorname{tg}\phi_2 - \cos\alpha_1 \operatorname{tg}\phi_1}$$

und dann natürlich wie vorhin:

$$\operatorname{tg} i = \frac{P + R \,.\, \operatorname{tg}\varkappa}{T}.$$

Anmerkung: Für den praktischen Physiker versteht es sich von selbst, dass man die Werthe von ζ_1, ζ_2, α_1, α_2 nicht beliebig, sondern so wählen wird, dass die Endformeln möglichst einfach werden. Solche singuläre Werthe sind z. B.

$$\zeta_1 = 0 \qquad \alpha_1 = 0$$
$$\zeta_2 = 90^0 \qquad \alpha_2 = 90^0.$$

Dann wird, indem man wie früher ζ_1 mit α_1, ζ_1 mit α_2, ζ_2 mit α_2 kombinirt,

$$\operatorname{tg}\phi_1 = \frac{P}{1 + R + T};\quad \operatorname{tg}\phi_2 = \frac{P}{1 + R};\quad \operatorname{tg}\phi_3 = \frac{1 + P}{R}$$

oder:

$$P = \frac{\operatorname{tg}\phi_2\,(1 + \operatorname{tg}\phi_3)}{\operatorname{tg}\phi_3 - \operatorname{tg}\phi_2};\quad R = \frac{1 + \operatorname{tg}\phi_2}{\operatorname{tg}\phi_3 - \operatorname{tg}\phi_2};\quad T = \frac{(\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_1)\,(1 + \operatorname{tg}\phi_3)}{(\operatorname{tg}\phi_3 - \operatorname{tg}\phi_2)\, \operatorname{tg}\phi_1}.$$

Nachdem man die Nadel ummagnetisirt hat, beobachte man für dieselben Werthe von ζ und α die Neigungen ϕ'_1, ϕ'_2, ϕ'_3, berechne nach den eben entwickelten Formeln P', R', T' und endlich i, wie vorhin gelehrt worden ist.

Die Berechnung von R' liefert eine Kontrolle der Zuverlässigkeit der Beobachtungen. Da wir nämlich aus theoretischen Gründen eingesehen haben, dass $R' = R$ sein muss, so werden die Beobachtungen um so genauer sein, je mehr die aus ihnen berechneten Werthe von R und R' jene Forderung erfüllen.

Anmerkung II. Im Jahre 1778 liess W. Krafft in den Abhandlungen der Petersburger Akademie der Wissenschaften eine Arbeit erscheinen, welche in einer sehr eleganten und übersichtlichen Darstellung die Vorschriften Bernoulli's für die Konstruktion der Inklinatorien, sowie auch die analytische Darstellung seiner Beobachtungsmethode enthält. In dem zweiten Theil dieser Abhandlung sagt Krafft, er werde jetzt eine Methode entwickeln, mittelst deren man die mühsame Anfertigung der Aequationstafel durch eine kleine Rechnung ersetzen könne. Diese seine Methode ist mit der Eulerschen, die damals vor 23 Jahren erschienen war, identisch und nur der Form nach in einigen unwesentlichen Punkten von ihr verschieden. Wir brauchen uns daher nicht weiter mit ihr zu beschäftigen.

Sowohl Euler als auch Krafft versuchten schon früh, eine Vorrichtung zu ersinnen, mittelst deren man der häufigeren Anwendung des Bernoulli'schen Verfahrens bei Inklinationsmessungen überhoben würde. Beide machen von einem kleinen Apparate Mittheilung, der das Verlangte leisten soll, zuerst Euler in seiner dissertatio de observatione inclinationis magneticae, dann Krafft in seinem oben citirten Aufsatze. Der Apparat, der von beiden Physikern ziemlich ähnlich beschrieben wird — möglich, dass Krafft die Erfindung Euler's gekannt hat — hat im Wesentlichen folgende Einrichtung (s. Fig. 2): Auf der oberen Seite der Magnetnadel befinden sich in gleichen Entfernungen von der Mitte M zwei Messingstäbchen A und B, die einen dünnen Messingdraht CD tragen, auf dem sich zwei Messingkügelchen C, D befinden. CD ist der Längenrichtung der Nadel, $\nu\sigma$, parallel. Ueber und unter derselben, senkrecht gegen $\nu\sigma$ und genau in der Mitte M befindet sich ein Messingstift ME und MF, von denen jeder ein bewegliches Kügelchen E, F trägt. Um nun den Schwerpunkt der Nadel genau in ihre Drehungsaxe zu bringen, genügt es durchaus nicht, sie in dem sog. unmagnetischen Zustande in möglichst vielen verschiedenen Stellungen durch kleine Verschiebungen der Kügelchen zu aequilibiren, weil man nie ganz sicher ist, ob sie nicht doch noch einen kleinen Rest von Magnetismus bewahrt hat, sondern man wird jene Forderung erst dann für erreicht halten dürfen, wenn man, nachdem man die Inklination nach der strengen Bernoulli'schen oder Eulerschen Methode berechnet, dann den Zeiger abgenommen und die Nadel in den Meridian gestellt hat, die Messingkügelchen so stellt, dass die Nadel genau die vorherberechnete Neigung einnimmt, in einer auf dem Meridiane senkrechten Ebene aber genau vertikal steht. Wollte man den Zeiger wieder ansetzen, so müsste man fortan diejenige Neigung für die wahre Inklination halten, bei der die Richtung der Nadel mit der Richtung des Zeigers identisch ist.

Es möchte schwer sein, Jemanden von der Nützlichkeit des beschriebenen Apparates zu überzeugen, denn abgesehen davon, dass die Regulirung des Instrumentes die vorherige Anwendung der Bernoulli-Eulerschen Methode voraussetzt, müsste sie auch sehr häufig wiederholt werden, da kleine Verschiebungen der Kügelchen etwa in Folge von Temperaturveränderungen schon erheblichen Einfluss auf die Lage des Schwerpunktes hätten. Muss die Regulirung aber oft wiederholt werden, so muss auch das Bernoulli'sche Verfahren ebenso oft vorausgeschickt werden, und der Nutzen des Apparates wäre dann ein illusorischer. Mit Recht bemerkt ausserdem Gehler von ihm, dass er den Beobachter der Gefahr aussetze, die Neigung, die er suche, selbst zu konstruiren.

So geistreich nun auch die Bernoullische Methode der Bestimmung der magnetischen Neigung ist und so wesentlich ihre Fortbildung durch Euler, so hat sie doch den gewichtigen Nachtheil, dass sie ein zu komplicirtes Instrument voraussetzt. Je komplicirter aber ein Instrument ist, desto mehreren Fehlern ist es ausgesetzt, die man theils ganz übersehen, theils nur mit Schwierigkeiten in Rechnung ziehen können wird. Aus diesem Grunde habe ich es auch vermieden, von den sogenannten Friktionsrädern zu sprechen, welche sowohl Bernoulli als auch Krafft bei der Magnetnadel angebracht wissen will. In der That haben spätere Künstler diese Räder immer vermieden, wahrscheinlich, weil es schwieriger war, vollkommen kreisförmige Räder herzustellen, als die Reibung der Zapfen durch eine erhöhte Politur zu vermindern. In anderen Fällen mögen diese Räder immerhin recht gute Dienste leisten und bei grossen Passageinstrumenten von bedeutendem Gewichte finden sie ja in der That vielfach Anwendung.

Ein zweiter gewichtiger Mangel der entwickelten Methoden liegt in der Nichtberücksichtigung aller anderen Fehlerquellen als derjenigen, welche in dem Nichtzusammenfallen des Schwerpunktes der Nadel mit der Drehungsaxe besteht. Wie viele andere Fehlerquellen es aber noch giebt, werden wir nicht nur später eingehend erörtern, sondern lernen wir schon aus den Schriften desjenigen Physikers kennen, dem wir uns jetzt zuwenden.

Die Methode Joh. Tob. Mayer's.*)

Diesem Physiker gebührt das Verdienst, in seiner Schrift: „commentatio de usu accuratiori acus inclinatoriae“ zuerst auf diejenigen Fehler der Inklinationsbestimmung aufmerksam gemacht zu haben, welche entspringen

1. aus der Excentrität der Nadel und des getheilten Kreises,
2. aus der fehlerhaften Theilung des letzteren,
3. aus der mangelhaften Bestimmung des magnetischen Meridians,
4. aus der unvollkommenen Konstruction und der Reibung der Zapfen.

Der fünfte Fehler ist uns schon bekannt, er rührt her von der Einwirkung der Schwere.

Während nun aber Mayer den letzteren durch eine eingehende analytische Entwickelung aus dem Resultate eliminirt, thut er nicht dasselbe mit den anderen, sondern er ist der Meinung, dass sie durch den Künstler vermieden werden können. Daher bemüht er sich, praktische Kunstgriffe zu ersinnen, die den Künstler in den Stand setzen, das Instrument zu einem möglichst vollkommenen zu machen und den Beobachter, zu prüfen, in wie weit diese Forderung erreicht ist.

In einer theoretischen Abhandlung, wie es die vorliegende ist, interessirt uns dieser Theil seiner Arbeit weniger — es genüge, ihn erwähnt zu haben und auf die citirte Schrift zu verweisen —, von der grössten Bedeutung aber ist das Verfahren, welches gestattet, von dem Bernoulli'schen Instrumente wieder zu einem einfacheren zurückzukehren und doch durch eine zweckmässige Kombination von Beobachtungen den Hauptfehler zu eliminiren.

Mayer verlangt von einem guten Inklinatorium durchaus nicht, dass der Schwerpunkt der Nadel so genau wie möglich mit der Drehungsaxe zusammenfalle, sondern hält es im Gegentheil, da diese Forderung doch nie erreicht wird, für nützlich, denselben absichtlich ein wenig von jener zu entfernen, damit durch die Einwirkung der Schwere die Kraft des Reibungswiderstandes überwunden werde. Das aber hat man von einem guten Inklinatorium zu verlangen, dass die Nadel,

*) Commentat. soc. reg. scient. Gotting. recent. Tom. III. 1814.

nachdem man ihre natürliche Neigung im unmagnetischen Zustande beobachtet und nachdem man sie dann aus ihrer Ruhelage entfernt hat, nach vielen Oszillationen genau in ihre alte Ruhelage zurückkehre. Bei der Rechnung gewährt es eine wesentliche Erleichterung, den Schwerpunkt so zu verrücken, dass die unmagnetische Nadel in der horizontalen Lage zur Ruhe kommt, denn dies ist ein Zeichen dafür, dass derselbe in einer zur Drehungsaxe und zur Längenrichtung der Nadel senkrechten Linie liegt.

Bei der Theorie der Mayerschen Methode, zu der wir nunmehr übergehen, setzen wir ein Inklinatorium voraus, bei dem der kleine Messingkreis und der zugehörige Zeiger fehlt. Die Bezeichnungen bleiben dieselben wie früher, nur dass wir statt des $\angle \eta$ den $\angle (\Gamma A \nu) = \delta$ einführen (s. Fig. 3). Von der Schwere rührt das Drehungsmoment her:

$$\Gamma . \Delta . \cos(\phi + \delta),$$

von dem Erdmagnetismus dasjenige:

$$S . M . l . \sin(\frac{\pi}{2} - \phi) - H . M . l . \cos\alpha \cos(\frac{\pi}{2} - \phi)$$

oder, was dasselbe ist:

$$I . M . l . \sin i \cos\phi - I . M . l . \cos i \cos\alpha \sin\phi.$$

Die Gleichgewichtsgleichung ist daher:

$$\Gamma . \Delta . \cos(\phi + \delta) + I . M . l \sin i \cos\phi - I . M . l \cos i \cos\alpha \sin\phi = 0,$$

oder, wenn ich $\frac{\Gamma . \Delta}{I . M . l} = e$ setze:

$$\sin i \cos\phi - \cos i \cos\alpha \sin\phi + e \cos(\phi + \delta) = 0.$$

Hieraus folgt: $\operatorname{ctg}\phi = \frac{\cos i \cos\alpha + e \sin\delta}{\sin i + e \cos\delta}$.

Ist $\Delta = 0$, d. h. liegt der Schwerpunkt in der Drehungsaxe, so ist auch $e = 0$, und es wird

$$\operatorname{ctg}\phi = \operatorname{ctg} i \cos\alpha.$$

Ist auch $\alpha = 0$, so wird $\operatorname{ctg}\phi = \operatorname{ctg} i$, d. h $i = \phi$.

Ist $\alpha = \frac{\pi}{2}$, so ist $\operatorname{ctg}\phi = 0$ oder $\phi = \frac{\pi}{2}$, d. h. die Nadel steht vertikal.

Ist nun aber Δ nicht Null, so ist für $\alpha = 0$

$$\operatorname{ctg}\phi_1 = \frac{\cos i + e \sin\delta}{\sin i + e \cos\delta}.$$

In dieser Formel sind i, e, δ im Allgemeinen ganz unbekannte Grössen, und nur ϕ_1 ist durch die Beobachtung unmittelbar gegeben. Sollen wir alle drei Grössen bestimmen — und das müssen wir —, so müssen wir zwischen denselben unbekannten Grössen noch zwei andere von der obigen und unter sich unabhängige Gleichungen aufstellen. Eine zweite Gleichung erhalten wir, wenn wir die Nadel so auf ihren Zapfen umlegen, dass ihre untere Seite nach oben kommt. Dadurch geht δ in $-\delta$ über, und wir erhalten durch eine zweite Beobachtung:

$$\operatorname{tg}\phi_2 = \frac{\cos i - e \sin\delta}{\sin i + e \cos\delta}.$$

Diese zwei Gleichungen reichen zur Bestimmung von i in dem Falle aus, wenn $\delta = \frac{\pi}{2}$ ist, d. h., wenn der Schwerpunkt vertikal unter der Drehungsaxe liegt. Dann nämlich wird:

$$\operatorname{ctg}\phi_1 = \frac{\cos i + e}{\sin i}$$

$$\operatorname{ctg}\phi_2 = \frac{\cos i - e}{\sin i}$$

$$\frac{\operatorname{ctg}\phi_1 + \operatorname{ctg}\phi_2}{2} = \operatorname{ctg} i.$$

Will man die Annahme, dass $\delta = \frac{\pi}{2}$ sei, nicht machen — und sie ist immer misslich, weil man nie wissen kann, ob die Nadel nicht bei ihrer Aequilibrirung schon einen geringen Magnetismus hatte —, so ist es nöthig, noch eine neue Gleichung zwischen denselben Unbekannten aufzustellen. Daher magnetisire man die Nadel um und beobachte ihre Neigung ψ_1. Unter der

Voraussetzung nun, dass sich an dem materiellen Bestande der Nadel nichts verändert habe, erhalten wir, wenn wir alle Winkel und Richtungen in Bezug auf den Nord- und Südpol der Nadel in demselben Sinne wie vorher rechnen, die Formel für $\operatorname{ctg}\psi_1$ aus derjenigen für $\operatorname{ctg}\phi_1$, wenn wir in ihr δ in $180^0 - \delta$ und, indem wir ungewiss sind, ob sich nicht der Magnetismus der Nadel verändert hat, die Konstante e in ε verwandeln. Dieses ε ist freilich eine neue vierte Unbekannte, doch erhalten wir auch noch eine neue Gleichung, wenn wir die Neigung ψ_2 beobachten, die die Nadel annimmt, nachdem man sie mit ihren Zapfen umgelegt hat. Die Gleichung für $\operatorname{ctg}\psi_2$ folgt aber aus derjenigen für $\operatorname{ctg}\psi_1$, indem wir in der letzteren δ in $-\delta$ verwandeln. Wir haben daher zur Bestimmung der Unbekannten folgende vier Gleichungen:

$$1.\quad \operatorname{ctg}\phi_1 = \frac{\cos i + e \sin\delta}{\sin i + e\cos\delta}$$

$$2.\quad \operatorname{ctg}\phi_2 = \frac{\cos i - e \sin\delta}{\sin i + e\cos\delta}$$

$$3.\quad \operatorname{ctg}\psi_1 = \frac{\cos i + \varepsilon \sin\delta}{\sin i - \varepsilon\cos\delta}$$

$$4.\quad \operatorname{ctg}\psi_2 = \frac{\cos i - \varepsilon \sin\delta}{\sin i - \varepsilon\cos\delta}.$$

Durch Elimination von e aus (1) und (2) folgt:

$$\frac{\operatorname{ctg}\phi_1 \sin i - \cos i}{\sin\delta - \operatorname{ctg}\phi_1 \cos\delta} = -\frac{\operatorname{ctg}\phi_2 \sin i - \cos i}{\sin\delta + \cos\delta \operatorname{ctg}\phi_2}$$

und hieraus:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{(\operatorname{ctg}\phi_1 - \operatorname{ctg}\phi_2)\cos i}{2\cos i - \sin i\,(\operatorname{ctg}\phi_1 + \operatorname{ctg}\phi_2)}.$$

Ebenso findet man aus (3) und (4):

$$\operatorname{tg}\delta = -\frac{(\operatorname{ctg}\psi_1 - \operatorname{ctg}\psi_2)\cos i}{2\cos i - \sin i\,(\operatorname{ctg}\psi_1 + \operatorname{ctg}\psi_2)} \text{ und}$$

endlich, indem man die beiden Ausdrücke für $\operatorname{tg}\delta$ einander gleichsetzt:

$$2\operatorname{ctg} i = \frac{(\operatorname{ctg}\phi_1 - \operatorname{ctg}\phi_2)(\operatorname{ctg}\psi_1 + \operatorname{ctg}\psi_2) + (\operatorname{ctg}\psi_1 - \operatorname{ctg}\psi_2)(\operatorname{ctg}\phi_1 + \operatorname{ctg}\phi_2)}{\operatorname{ctg}\phi_1 - \operatorname{ctg}\phi_2 + \operatorname{ctg}\psi_1 - \operatorname{ctg}\psi_2}$$

$$= 2.\frac{\operatorname{ctg}\phi_1 \operatorname{ctg}\psi_1 - \operatorname{ctg}\phi_2 \operatorname{ctg}\psi_2}{\operatorname{ctg}\phi_1 + \operatorname{ctg}\psi_1 - (\operatorname{ctg}\phi_2 + \operatorname{ctg}\psi_2}).$$

Setzt man $\operatorname{ctg}\phi_1 + \operatorname{ctg}\phi_2 = A$, $\operatorname{ctg}\phi_1 - \operatorname{ctg}\phi_2 = B$,
$\operatorname{ctg}\psi_1 + \operatorname{ctg}\psi_2 = C$, $\operatorname{ctg}\psi_1 - \operatorname{ctg}\psi_2 = D$,

so wird: $2\operatorname{ctg} i = \dfrac{A.D + B.C}{B + D}.$

Da die Formeln für $\operatorname{ctg}\phi_1$, $\operatorname{ctg}\phi_2$ etc. die Grösse $\sin\delta$ im Zähler und $\cos\delta$ im Nenner haben, so ist ersichtlich, dass es vortheilhaft ist, den $\angle\,\delta$ möglichst nahe gleich $\frac{\pi}{2}$ zu machen. Es ist nicht schwer, diese Forderung vor jeder Beobachtung zu erfüllen, wenn man auch schon darauf verzichten müssen wird, ihr durch eine einmalige Regulirung der Nadel gerecht werden zu wollen. Das Kriterium dafür, dass diese Forderung erfüllt ist, ist enthalten in dem Bestehen der Gleichung $A = C$.

Will man ferner innerhalb eines kleinen Zeitraums, während dessen man mit Fug annehmen kann, dass sich der Schwerpunkt nicht aus seiner Lage entfernt hat, häufigere Beobachtungen anstellen, so wird man mit Hülfe einer einmaligen Umkehrung der Pole den $\angle\,\delta$ berechnen und dann zu jeder neuen Inklinationsbestimmung nur noch zwei Beobachtungen anstellen.

Für $\operatorname{tg}\delta$ lässt sich leicht folgende Formel ableiten:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{B}{2 - A\operatorname{tg} i} = \frac{D}{2 - C\operatorname{tg} i}.$$

Hieraus folgt: $$\operatorname{tg} i = \frac{2\operatorname{tg}\delta - B}{A\operatorname{tg}\delta} = \frac{2\operatorname{tg}\delta - D}{C\operatorname{tg}\delta},$$

und hieraus: $$\operatorname{tg}\delta = \frac{1}{2}\cdot\frac{B.C - A.D}{C - A}.$$

Die Methode Borda's.*)

An die Mayer'sche Methode schliesst sich diejenige Borda's insofern an, als sie ebenfalls eine Ummagnetisirung der Nadel zu Hülfe nimmt, sie weicht aber von jener dadurch ab, dass sie verlangt, man solle den Schwerpunkt der Drehungsaxe möglichst nahe bringen. Borda geht von der Bernoulli'schen Formel aus:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\sin i - e \sin \eta}{\cos i \cos \alpha + e \cos \eta},$$

in welcher natürlich jetzt diejenigen Glieder fehlen, die auf den Aequationszeiger Bezug hatten. e, α und η haben die früher festgestellte Bedeutung. Stellt man die erste Beobachtung in dem Azimuth $\alpha = 0$ an, so wird

$$1.\quad \operatorname{tg}\phi = \frac{\sin i - e \sin \eta}{\cos i + e \cos \eta}.$$

Beobachten wir zum zweiten Male in dem Azimuth $\alpha = 180^0$, so wird, indem wir berücksichtigen, dass zwar $\cos i \cos 180^0, = - \cos i$, zugleich aber auch $\operatorname{tg}\phi'$ negativ wird:

$$2.\quad \operatorname{tg}\phi' = \frac{\sin i - e \sin \eta}{\cos i - e \cos \eta}.$$

Nachdem man nun die Pole der Nadel umgekehrt hat, beobachtet man wiederum in den Azimuthen 0^0 und 180^0, so erhält man die folgenden beiden neuen Gleichungen:

$$3.\quad \operatorname{tg}\phi'' = \frac{\sin i + e' \sin \eta}{\cos i - e' \cos \eta}$$

$$4.\quad \operatorname{tg}\phi''' = \frac{\sin i + e' \sin \eta}{\cos i + e' \cos \eta}.$$

Hieraus leite man die Formel ab:

$$\operatorname{ctg}(\phi + \phi') = \frac{\operatorname{ctg}\phi \,.\, \operatorname{ctg}\phi' - 1}{\operatorname{ctg}\phi + \operatorname{ctg}\phi'}$$

$$= \frac{1 - 2\sin^2 i - e^2 + 2 e \sin i \sin \eta}{2 \cos i (\sin i - e \sin \eta)}.$$

$$\text{Ebenso:}\quad \operatorname{ctg}(\phi'' + \phi''') = \frac{1 - 2\sin^2 i - e'^2 - 2 e' \sin i \sin \eta}{2 \cos i (\sin i + e' \sin \eta)}.$$

Wenn man nun dafür Sorge trägt, dass Δ sehr klein ist, so sind auch e und e' sehr kleine Grössen, so dass man e^2 und e'^2 vernachlässigen darf. Dann aber wird:

$$\operatorname{ctg}(\phi + \phi') = \frac{\cos 2 i + 2 e \sin i \sin \eta}{\sin 2 i - 2 e \cos i \sin \eta}$$

$$\operatorname{ctg}(\phi'' + \phi''') = \frac{\cos 2 i - 2 e' \sin i \sin \eta}{\sin 2 i + 2e' \cos i \sin \eta}.$$

Aus beiden Gleichungen folgt:

$$\operatorname{ctg}(\phi + \phi' + \phi'' + \phi''') = \frac{\cos 4 i + 2 (e' - e) \sin \eta \sin 3 i}{\sin 4 i - 2 (e' - e) \sin \eta \cos 3 i}.$$

Wenn man nun endlich noch die Voraussetzung macht, dass $e' = e$ ist, so erhält man:

$$\operatorname{ctg}(\phi + \phi' + \phi'' + \phi''') = \operatorname{ctg} 4 i$$

$$\text{oder}\quad \frac{\phi + \phi' + \phi'' + \phi'''}{4} = i.$$

Wenn also, um dies Resultat noch einmal zusammenzufassen, die Grösse $\frac{\Gamma \,.\, \Delta}{I \,.\, M \,.\, I} = e$ so klein ist, dass $e^2 = e'^2 = 0$ gesetzt werden darf, ohne dass man einen grösseren Fehler begeht, als einen solchen, der innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt, und wenn man annehmen darf, dass die Nadel vor und nach dem Ummagnetisiren denselben Magnetismus besitzt, so ist der wahre Werth der Inklination gleich dem arithmetischen Mittel aus den vier Neigungen, die man zur Hälfte vor, zur Hälfte nach dem Umwenden der Pole in den Azimuthen 0^0 und 180^0 beobachtet hat.

---

*) Pogg. Ann. Bd. 99.

Es ist nicht zu leugnen, dass die Methode Borda's von allen, die wir bis jetzt vorgetragen haben, die eleganteste ist, doch wird man sich ihrer, selbst wenn man die erste Voraussetzung als erfüllt annimmt, offenbar nur dann bedienen dürfen, wenn man über die Zulässigkeit der Annahme, dass $e' = e$ ist, eine Voruntersuchung angestellt hat, eine Untersuchung, die leicht den Vorzug der Einfachheit, den man der qu. Methode zuschreibt, illusorisch machen könnte.

Frei von allen zweifelhaften Voraussetzungen ist die Methode Mayer's, und wenn man ausserdem bedenkt, dass sie einmal ein Instrument voraussetzt, welches bis auf den heutigen Tag noch nicht vereinfacht oder verbessert worden ist, dann aber auch mit nicht mehr Beobachtungen zum Ziele gelangt, wie die anderen, so wird man nicht anstehen, sie unter den älteren Methoden als die vorzüglichste zu bezeichnen.

Dass auch die Methode Mayer's nicht alle Fehler berücksichtigt, welche auf die Bestimmung der Inklination von Einfluss sind, habe ich schon früher erwähnt. Es bleibt mir daher noch übrig, eine Methode zu entwickeln, welche — wenn einmal die Inklinationsnadel angewandt werden soll — so vollkommen ist, als sie es nach dem heutigen Stande der Wissenschaft sein kann.

Die Grundzüge einer solchen Methode hat A. T. Kupffer*) in einer Abhandlung niedergelegt, welche man im Auszuge im 99sten Bande von Pogg. Annalen findet, eine ganz ausführliche Darstellung aber Gauss**) im Jahre 1841 in den Resultaten des magnetischen Vereins mitgetheilt. Einen Umstand hat aber auch Gauss übersehen, nämlich den, dass die magnetische Induktion der Erde in Bezug auf die Nadel einen gewissen Einfluss ausüben kann.

Es scheint mir an dieser Stelle passend zu sein, eine Uebersicht aller derjenigen Fehler zu geben, mit welchen jedes Inklinatorium mehr oder weniger behaftet ist und welche bewirken, dass der Winkel, den die Nadel im Meridiane mit dem Horizonte bildet, nicht der wahre Werth der magnetischen Neigung ist.

1. Der Hauptfehler eines jeden Inklinatoriums ist die mangelhafte, nie vollkommen zu erreichende Aequilibrirung der Nadel.

2. Ein zweiter Fehler ist die Excentricität derselben, d. h. der Umstand, dass die Drehungsaxe nicht genau durch den Mittelpunkt des vertikalen, getheilten Kreises geht.

3. Der Kollimationsfehler des getheilten Kreises. Er besteht darin, dass auf dem vertikalen Limbus der Horizont nicht richtig verzeichnet ist. (Der durch den Nullpunkt gehende Durchmesser ist also nicht genau horizontal.)

4. Von grosser Wichtigkeit ist die Berücksichtigung des Fehlers, den man den Kollimationsfehler der Nadel nennen kann, und der darin besteht, dass die magnetische Axe derselben nicht genau mit der Längenrichtung, d. h. mit der Verbindungslinie der beiden Spitzen zusammenfällt.

5. Die Ungleichheit der Zapfen, auf denen die Nadel ruht. Es wird sich zeigen, dass dieser Fehler gleichzeitig mit dem vierten unschädlich gemacht wird.

6. Wenn die Berührung der Zapfen und der Achatschneiden, auf denen sie ruhen, nur in einem Punkte stattfindet, auch die Zapfen bei keiner Drehung der Nadel eine rollende Bewegung ausführen, so ist es gleichgültig, ob die Achatschneiden mit ihren oberen Kanten in einer horizontalen Ebene liegen oder nicht. Da aber eine rollende Bewegung unvermeidlich ist, weil die Zapfen keine mathematische Linie bilden, so muss auch verlangt werden, dass jede der beiden Schneiden mit ihrer ganzen oberen Kante horizontal liege. Nun kann zwar der Künstler dieser Anforderung recht wohl genügen, doch werden wir zeigen, wie man den etwa noch resultirenden Fehler gleichzeitig mit dem dritten eliminiren kann. Dass die oberen Ränder beider Schneiden in eine Ebene fallen, und dass die Drehungsaxe der Nadel, nachdem man ihre Zapfen in die eingeschliffenen Spalten gelegt hat, auf der Längsrichtung der Schneiden, also auch auf der Ebene des getheilten Kreises senkrecht stehe, darf nach dem Urtheile von Gauss und anderen Beobachtern von einem guten Inklinatorium verlangt werden.

7. Von Wichtigkeit ist wahrscheinlich noch die Berücksichtigung desjenigen Magnetismus, der durch die Erde in der Nadel inducirt wird. Dass derselbe nicht ohne Einfluss ist, ist erst in neuerer Zeit bemerkt worden.

In jeder anderen Beziehung kann man von einem guten Instrumente Vollkommenheit verlangen, weil alle anderen Fehler durch die Anwendung einer Wasserwaage, eines Lothes und einer Theilungsmaschine vermieden werden können. Unerlässliche Forderungen sind in dieser Beziehung

*) Pogg. Ann. Bd. 99. Jahrg. 1831.

**) Gauss und Weber, Resultate etc. Jahrg. 1841.

folgende: Der Cylinder, auf dem die Nadel ruht, muss senkrecht, das Fussgestell horizontal stehen. Die Axe des Cylinders muss genau durch das Centrum des horizontalen Kreises und genau durch die Mitte der Drehungsaxe der Nadel gehen, so dass die Ebene, in der sich die letztere bewegt, genau durch das Centrum des horizontalen Kreises geht. Endlich muss der Messkreis richtig getheilt sein und vertikal stehen, so dass die Ebene, in der sich die Nadel bewegt, der Ebene des Kreises genau parallel ist. Schwieriger zu erfüllen, aber nach dem Urtheile der Sachverständigen noch immer zu erreichen, ist die Forderung, dass die Zapfen vollkommen cylindrisch seien, damit eine Drehung der Nadel ihre Excentricität in Bezug auf den Vertikalkreis nicht verändere.

Was die Reibung zwischen den Zapfen und ihrer Unterlage betrifft, so ist sie durch eine sorgsame Politur auf ein Minimum zu reduciren.

Endlich will ich noch eines anderen Einflusses der Schwerkraft gedenken, nämlich desjenigen, der sich in einer Krümmung der Nadel ihrer Länge nach äussert. Es ist nicht möglich, diesen Uebelstand zu vermeiden; daher ist es die Aufgabe des Künstlers, die Dimensionen der Nadel so zu wählen, dass jene Krümmung ein Minimum wird. Bernoulli hat diesem Gegenstande eingehende Versuche gewidmet, auf Grund deren es möglich ist, solche Nadeln zu verfertigen, bei denen der Einfluss der Biegung auf die Bestimmung von i zu vernachlässigen ist.

Ich gehe jetzt daran, jene Methode der Inklinationsbestimmung zu entwickeln, welche den Zweck hat, allen Fehlern, die wir als einflussreich auf die Bestimmung von i angeführt haben, so weit es möglich ist, Rechnung zu tragen, und die wir nach dem Manne, dem sie das Meiste zu verdanken hat, nennen wollen

Die Methode von Gauss.

Der Kollimationsfehler der Nadel entsteht, wenn die Verbindungslinie ihrer beiden Endpunkte nicht mit ihrer magnetischen Axe zusammenfällt.

Kennt man die Lage der letzteren nicht, so kann man sie dadurch ermitteln, dass man den Magneten zuerst als Deklinationsnadel gebraucht. Zu dem Ende versehe man jeden der beiden Zapfen mit einem Häkchen, an welches man einen Faden knüpfen kann. Wenn man dann die Nadel an dem Faden aufhängt, so wird sie eine solche Stellung einnehmen, dass ihre magnetische Axe dem Meridiane parallel ist. Befestigt man darauf den Faden an dem anderen Zapfen, legt also die Nadel um, so wird ihre magnetische Axe dieselbe Richtung wie vorhin einnehmen, ihre Längenrichtung wird dagegen nur dann mit der entsprechenden Richtung vorher zusammenfallen, wenn sie zugleich mit der magnetischen Axe identisch ist. Ist sie das nicht, so wird sie mit der Längenrichtung in der ersten Beobachtung einen Winkel bilden. Die Halbirungslinie dieses Winkels giebt die Richtung der magnetischen Axe an. Jener Winkel ist zu beobachten, seine Halbirungslinie auf der Nadel zu verzeichnen, und nun bei allen Beobachtungen nicht die Längenrichtung der Nadel, sondern jene verzeichnete Gerade als die wahre magnetische Axe zu Grunde zu legen.

Will man aber eine solche vorbereitende Beobachtung nicht anstellen, so kann man den Kollimationsfehler der Nadel dadurch aus dem Resultate eliminiren, dass man das arithmetische Mittel aus denjenigen beiden Neigungen nimmt, die die Nadel anzeigt, wenn man sie einmal in ihrer ursprünglichen Lage, dann aber, nachdem man sie auf den Zapfen umgelegt hat, beobachtet. Der Kollimationsfehler, d. h. der Winkel c (s. Fig. 4) kommt nämlich in den beobachteten Neigungen als Summand vor, das eine Mal aber positiv, das andere Mal negativ, er verschwindet daher in der Summe.

Es ist offenbar, dass durch das beschriebene Verfahren gleichzeitig derjenige Fehler eliminirt wird, der von einer etwaigen kleinen Ungleichheit der beiden Zapfen herrührt.

Anmerkung: Mayer berücksichtigt den Kollimationsfehler der Nadel nicht; zwar beobachtet auch er dieselbe zuerst in ihrer ursprünglichen Lage, dann, nachdem er sie auf den Zapfen umgelegt hat; aber er führt nirgends das arithmetische Mittel aus beiden Beobachtungen in die Rechnung ein. Seine Endformel muss daher im Allgemeinen noch mit jenem Fehler behaftet sein. Kupffer hat nun eine sehr interessante kleine Untersuchung angestellt, um zu erfahren, ob vielleicht zufällig durch die angewandten Kombinationen das Endresultat Mayer's von jenem Fehler befreit ist. Er gelangt zu dem Resultate, dass dies allemal dann der Fall ist, wenn sich der Schwerpunkt der Nadel in einer zur Längenrichtung senkrechten Linie befindet, also der $\angle \delta = \frac{\pi}{2}$ ist.

Der Kollimationsfehler des vertikalen getheilten Kreises entsteht dadurch, dass der Horizont nicht richtig auf ihm verzeichnet ist, d. h. dass der Nullpunkt der Theilung nicht auf der Horizontalen liegt, auf die wir ja sämmtliche Neigungswinkel zu beziehen haben. Bedeutet $\mathfrak{H}\mathfrak{H}$ den Horizont, $\mathfrak{A}\mathfrak{A}$ die Absehungslinie, d. h. den durch den Nullpunkt der Theilung gehenden Durchmesser, $\nu\sigma$ den Stand der Nadel, so ist der Kollimationsfehler $\varkappa$ in der Beobachtung in der Weise enthalten, dass wir statt des $\angle(\mathfrak{H}A\nu) = N$, den $\angle\phi = N - (\mathfrak{H}A\mathfrak{A}) = N - \varkappa$ ablesen.

Wenn wir nun aber den Vertikalkreis um 180° drehen und wieder die Neigung ϕ_1 beobachten, so ist

$$\phi_1 = N + \varkappa, \text{ folglich}$$
$$\frac{\phi_1 + \phi_2}{2} = N.$$

Wir elimiren also den Kollimationsfehler des getheilten Kreises, wenn wir das arithmetische Mittel aus denjenigen beiden Neigungen nehmen, die wir einmal in der ursprünglichen Stellung des Instrumentes, dann, nachdem wir den Vertikalkreis um 180° gedreht haben, beobachten. Um diese Drehung ausführen zu können, bedürfen wir des horizontalen Kreises.

Gleichzeitig mit dem Kollimationsfehler des Vertikalkreises geht derjenige Fehler aus dem Resultate heraus, welcher von einer etwaigen fehlerhaften Neigung der oberen Ränder der Achatschneiden herrührt.

Der Einfluss der Excentricität der Nadel wird dadurch eliminirt, dass man die Neigung an beiden Enden derselben abliest und aus beiden Ablesungen das arithmetische Mittel nimmt.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich daher folgende Regel:

Man beobachte die Nadel in ihrer ursprünglichen Lage, indem man an jedem Ende eine Ablesung vornimmt. Dann drehe man die Ebene des Vertikalkreises um 180° und wiederhole dieselben Ablesungen. Dann lege man die Nadel auf ihren Zapfen um und verfahre wie vorher. Aus den so beachteten acht Neigungen nehme man das arithmetische Mittel.

Wenn ich daher in dem Folgenden von einem Winkel ϕ spreche, so will ich darunter, wenn ich nicht ausdrücklich etwas Anderes festsetze, stets das Mittel aus den beschriebenen acht Ablesungen verstehen.

Den Einfluss der Schwere kann man nicht anders, als durch Rechnung eliminiren. Daher wenden wir uns wieder zu der Gleichgewichtsgleichung, die wir nun schon so oft gebraucht haben. Wenn wir dabei auch noch den Kollimationsfehler c berücksichtigen, so geschieht dies deshalb, weil wir eine interessante Methode kennen lernen werden, ihn theoretisch zu bestimmen. Wir führen daher c in dem Sinne in die Rechnung ein, wie es die Fig. 5 veranschaulicht, in welcher A_1A_2 die Absehungslinie auf der Nadel (Längenrichtung), $\nu\sigma$ die magnetische Axe bedeutet. Bezeichnet α wieder das Azimuth der Drehungsebene, so ist die Gleichung des Gleichgewichts:

$$S . M . l \cos(\phi + c) + \Gamma . \Delta . \cos(\phi + \delta) - H . M . l \cos\alpha \sin(\phi + c) = 0.$$

Drücke ich S und H durch I und i aus, so ergiebt sich:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\operatorname{tg}i - \cos\alpha \operatorname{tg}c + \dfrac{\Gamma . \Delta}{I . M . l} \cdot \dfrac{\cos\delta}{\cos c \cos i}}{\cos\alpha + \operatorname{tg}c \operatorname{tg}i + \dfrac{\Gamma . \Delta}{I . M . l} \cdot \dfrac{\sin\delta}{\cos c \cos i}}.$$

$\frac{\Gamma . \Delta}{I . M . l}$ möge wieder gleich e gesetzt werden.

Nenne ich dasjenige Azimuth, in welchem $\phi = \frac{\pi}{2}$ ist, α_0, so wird:

$$\cos\alpha_0 = -(\operatorname{tg}c \operatorname{tg}i + \frac{e \sin\delta}{\cos c \cos i}).$$

Anmerkung. Da diese Gleichung sowohl für $\alpha = \alpha_0$, als auch für $\alpha = -\alpha_0$ erfüllt wird, so kann man — wie wir auch schon früher bemerkt haben —, den Meridian finden, wenn man diejenigen beiden Ebenen beobachtet, in denen $\phi = \frac{\pi}{2}$ ist, und dann den Winkel, den beide miteinander bilden, durch eine Ebene halbirt. Die Halbirungsebene ist der magnetische Meridian.

Durch die Einführung des $\angle \alpha_0$ wird

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\operatorname{tg}i - \cos\alpha \operatorname{tg}c + e \dfrac{\cos\delta}{\cos c \cos i}}{\cos\alpha - \cos\alpha_0}.$$

Beobachtet man nun ϕ in dem Azimuthe $\alpha = 0$, dann in demjenigen $\alpha = \pi$, so erhält man die beiden Gleichungen:

$$\operatorname{tg}\phi_1 (1 - \cos\alpha_0) = \operatorname{tg} i - \operatorname{tg} c + \frac{e \cos\delta}{\cos c \cos i}$$

$$\operatorname{tg}\phi_2 (1 + \cos\alpha_0) = \operatorname{tg} i + \operatorname{tg} c + \frac{e \cos\delta}{\cos c \cos i}.$$

Hieraus folgt:

$$1. \quad \frac{\operatorname{tg}\phi_2 + \operatorname{tg}\phi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_1}{2} \cos\alpha_0 = \operatorname{tg} i + \frac{e \cos\delta}{\cos c \cos i}$$

$$2. \quad \frac{\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\phi_2 + \operatorname{tg}\phi_1}{2} \cos\alpha_0 = \operatorname{tg} c.$$

Hierdurch ist also c als Funktion von lauter beobachteten Grössen bestimmt, mithin auch die Feststellung der magnetischen Axe ermöglicht.

Kennte man jetzt auch noch den $\angle \delta$, so könnte man die Grösse $\frac{e \cos\delta}{\cos c \cos i}$ und daher auch tgi berechnen.

Den $\angle \delta$ könnte man direkt durch eine einzige Beobachtung bestimmen, wenn es möglich wäre, die Nadel ihres Magnetismus zu berauben. Da aber diese Forderung sicherlich niemals erfüllt ist, so bleibt nichts anderes übrig, als zu dem Mayer'schen Gedanken der Ummagnetisirung zurückzukehren.

Es verwandle sich in Folge derselben c in c_1, e in e_1, so ist $\frac{e}{e_1} = \frac{M_1}{M}$. Da das magnetische Moment einer Nadel dem Quadrate der Schwingungsdauer derselben im luftleeren Raum umgekehrt proportional ist, so ist, wenn ich diese Schwingungsdauer vor resp. nach der Ummagnetisirung mit T resp. T_1 bezeichne:

$$\frac{e}{e_1} = \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 \text{ oder } e_1 = e \left(\frac{T_1}{T}\right)^2.$$

Beobachtet man jetzt die Neigung ψ_1 im Azimuth 0°, dann diejenige ψ_2 im Azimuth 180°, so erhält man, wenn man noch berücksichtigt, dass für δ: $180^0 - \delta$ zu setzen ist, die beiden Gleichungen:

$$3. \quad \frac{\operatorname{tg}\psi_2 + \operatorname{tg}\psi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\psi_2 - \operatorname{tg}\psi_1}{2} \cos\beta_0 = \operatorname{tg} i - \left(\frac{T_1}{T}\right)^2 \frac{e \cos\delta}{\cos c_1 \cos i}$$

$$4. \quad \frac{\operatorname{tg}\psi_2 - \operatorname{tg}\psi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\psi_2 + \operatorname{tg}\psi_1}{2} \cos\beta_0 = \operatorname{tg} c_1,$$

wenn β_0 das Analogon von α_0 bedeutet.

Aus (1) und (3) folgt:

$$\operatorname{tg} i = \frac{\left\{\frac{\operatorname{tg}\phi_2 + \operatorname{tg}\phi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\phi_2 - \operatorname{tg}\phi_1}{2} \cos\alpha_0\right\} T_1^2 \cos c + \left\{\frac{\operatorname{tg}\psi_2 + \operatorname{tg}\psi_1}{2} + \frac{\operatorname{tg}\psi_2 - \operatorname{tg}\psi_1}{2} \cos\beta_0\right\} T^2 \cos c_1}{T_1^2 \cos c + T^2 \cos c_1}.$$

In dieser Formel sind ϕ_1, ϕ_2, ψ_1, ψ_2, T_1, T_2 beobachtet, c und c_1 aber durch die Formeln (2) und (4) gegeben. T und T_1 können nach dem von Gauss angegebenen Verfahren mit grosser Schärfe beobachtet werden; es enthält daher die Formel für tgi keine einzige Grösse und keine einzige Voraussetzung, deren Einführung bedenklich wäre, während sie andererseits mit Ausnahme einer alle Fehlerquellen berücksichtigt, von denen wir bis jetzt wissen, dass sie auf die Bestimmung der magnetischen Neigung von Einfluss sind.

Die Erfahrungen neuerer Beobachter, z. B. Kupffer's haben die Ansicht der älteren Physiker wiederlegt, dass der Erdmagnetismus im Stahle keinen Magnetismus inducire. Eine solche Induktion findet vielmehr auch in dem bestgehärteten Stahle statt und muss daher auf die Neigung jeder Magnetnadel einen Einfluss haben. Es ist mir nicht bekannt, dass irgend ein Beobachter diesen Einfluss berücksichtigt hätte. Denselben analytisch zu fixiren und in die Rechnung einzuführen, hat nicht die mindeste Schwierigkeit. Wohl aber ist es schwierig, und mir bis jetzt noch nicht gelungen, die Aufgabe in ihrer vollen Allgemeinheit so durchzuführen, dass man zu praktisch brauchbaren Resultaten gelangt. Beschränkende Voraussetzungen aber einzuführen, z. B. dass die inducirten Pole mit den Endpunkten der Nadel zusammenfallen, muss deshalb vermieden werden, weil es sich gerade darum handelt, über den Einfluss der magnetischen Induktion ein allgemein gültiges Urtheil zu erlangen. Vielleicht dass andere Physiker, welche Veranlassung haben werden, die Inklinationsnadel zu gebrauchen, demselben Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zuwenden und entweder die Aufgabe in ihrer vollen Allgemeinheit durchführen oder nachweisen, dass jener störende Einfluss vernachlässigt werden darf. In Bezug auf die Beobachtung und Bestimmung des inducirten Magnetismus verweise ich auf Lamont, Repertorium der Physik. Bd. VII. 1846.

Ich wende mich jetzt zu zwei Methoden der Inklinationsbestimmung, welche sich darauf beschränken, den Einfluss der Beobachtungsfehler durch eine Kombination mehrerer Beobachtungen möglichst zu verringern. Ihre Resultate sind daher mit allen denjenigen Fehlern behaftet, welche durch das Instrument bedingt werden und die wir so genau beschrieben haben. Freilich könnte man bei beiden Methoden die früher gemachten Erfahrungen verwerthen und jede einzelne Neigung nach unserem zuletzt dargestellten Modus berechnen und diese berechneten Werthe den Kombinationsmethoden, welche wir gleich beschreiben werden, unterbreiten, aber wie sehr vervielfacht würde dadurch die Arbeit des Beobachters, dem schon die Berechnung einer einzigen Neigung nicht unerhebliche Schwierigkeiten darbietet. Wenn nun aber eine Methode um so weniger brauchbar ist, je komplicirter und zeitraubender sie ist, so wird man den gedachten beiden Methoden keinen besonders praktischen Werth zuschreiben dürfen. Sie hatten einen solchen, so lange man keine anderen störenden Einflüsse als die Beobachtungsfehler zu berücksichtigen verstand, jetzt haben sie nur noch historisches Interesse.

Die Methode von Peter Riess*) besteht darin, dass man die Neigung in einer bestimmten Anzahl von Ebenen beobachtet, deren Azimuthe alle um denselben aliquoten Theil von π von einander verschieden sind, und die Ablesungen strikte nach der Methode der kleinsten Quadrate mit einander verbindet. Dieser Modus der Berechnung von i hat demnach nicht das geringste Eigenthümliche und darf daher von uns füglich übergangen werden.

Die Methode Kupffer's.**)

Bezeichnet ν die magnetische Neigung in dem Azimuthe α, so ist

$$\operatorname{ctg} i = \frac{\operatorname{ctg} \nu}{\cos \alpha}.$$

Kupffer beobachtete nun ebenfalls in einer Reihe von Ebenen, deren Azimuthe immer um denselben aliquoten Theil von 360^0, z. B. um $\frac{360^0}{n}$ von einander abstanden, beobachtete also in den Azimuthen:

$$\alpha,\ \alpha + \frac{360^0}{n},\ \ldots\ldots\ldots,\ \alpha + \frac{(n-1)\,360^0}{n}.$$

Da nun:

$$\operatorname{ctg} \nu = \operatorname{ctg} i \cos \alpha,\ \operatorname{ctg} \nu_1 = \operatorname{ctg} i \cos \left(\alpha + \frac{360^0}{n},\right) \ldots,\ \operatorname{ctg} \nu_{n-1} = \operatorname{ctg} i \cos\left(\alpha + \frac{(n-1)\,360^0}{n}\right)$$

ist, so ist:

$$\operatorname{ctg}^2 \nu + \operatorname{ctg}^2 \nu_1 + \ldots + \operatorname{ctg}^2 \nu_{n-1} = \operatorname{ctg}^2 i \left(\cos^2 \alpha + \cos^2\left(\alpha + \frac{360^0}{n}\right), + \ldots + \cos^2\left(\alpha + \frac{(n-1)\,360^0}{n}\right)\right).$$

Die Reihe, welche in der Klammer steht, wird dadurch summirt, dass man das Quadrat eines jeden cos in den cos des doppelten Bogens verwandelt und dann die Formeln anwendet:

$$\Sigma_0^n \cos m x = \frac{\sin \frac{m}{2} + \sin (n + \frac{1}{2})\, m}{2 \sin \frac{m}{2}} \text{ ***)}$$

---

*) Pogg. Ann. XXIV.
**) Pogg. Ann. XXIII.
***) Lacroix, traité de calc. diff. III. 163.

$$\Sigma_0^n \sin m x = \frac{\cos\frac{m}{2} - \cos(n + \frac{1}{2})\, m}{2 \sin\frac{m}{2}}.$$

Dann wird:

$$\cos^2\alpha + \cos^2\left(\alpha + \frac{360^0}{n}\right) + \ldots + \cos^2\left(\alpha + \frac{(n-1)\,360^0}{n}\right) = \frac{n}{2}, \text{ und daher:}$$

$$\operatorname{ctg}^2 i = \frac{2}{n}\left(\operatorname{ctg}^2\nu + \operatorname{ctg}^2\nu_1 + \ldots + \operatorname{ctg}^2\nu_{n-1}\right).$$

Da das Resultat von α ganz unabhängig ist, so sieht man ein, dass man den Meridian gar nicht zu kennen braucht. Man kann ihn aber auch durch die Beobachtungen selbst leicht bestimmen. Richtet man es nämlich so ein, dass

$$\frac{h\,.\,360^0}{n} = 90^0 \text{ ist, so ist}$$

$$\cos\left(\alpha + \frac{h\,.\,360^0}{n}\right) = -\sin\alpha = \frac{\operatorname{ctg}\nu_h}{\operatorname{ctg} i}.$$

Da nun

$$\cos\alpha = \frac{\operatorname{ctg}\nu}{\operatorname{ctg} i} \text{ ist, so ist}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = -\frac{\operatorname{ctg}\nu_h}{\operatorname{ctg}\nu}.$$

Nach den Methoden, die ich bisher auseinandergesetzt habe, sind nun in der That Beobachtungen in nicht geringer Zahl angestellt worden, zuerst, so viel mir bekannt geworden ist, von M. Euler.

Diese Beobachtungen finden sich verzeichnet in den Abhandlungen der Berliner Akademie vom Jahre 1757 und sind zum Theil nach der Bernoulli'schen, zum Theil nach der Euler'schen Methode zur Bestimmung von i verwandt worden. Weder die Resultate der einen noch der anderen Reihe gaben unter sich übereinstimmende Resultate, geschweige dass beide mit einander übereingestimmt hätten. Die grössten Differenzen betrugen 30′. Merkwürdig ist, dass die Euler'sche Regel stets grössere Neigungen lieferte als die Bernoulli'sche.

Im Jahre 1769 stellte Mallet*) nach seiner Regel in St. Petersburg eine grosse Reihe von Beobachtungen an, wandte sich dann aber zu der Euler'schen Methode, als er entdeckte, dass sein Aequationszeiger sich etwas verbogen hatte, und daher seine Aequationstafel unbrauchbar geworden war. Seine Resultate haben etwa denselben Grad der Genauigkeit, wie die Euler'schen.

Krafft**) beobachtete 1774 in St. Petersburg nach den Euler'schen Vorschriften, fand aber Resultate, die um 54′ im Maximum differirten. Bessere Resultate fand er 1778, nämlich solche, bei denen die grösste Differenz nur 21′ betrug.***)

Im Jahre 1814 beobachtete Mayer†) in Göttingen nach seiner Methode. Die mittleren Werthe zweier Beobachtungsreihen differirten um 29′.

Nach dem Jahre 1778 verging eine lange Zeit, bis man wieder in St. Petersburg beobachtete. Es geschah das zunächst wieder 1828 durch Hansteen und 1829 durch A. v. Humboldt. Der Erstere bediente sich sowohl der Mayer'schen als auch der Borda'schen Methode, Humboldt nur der Borda'schen.††)

Die Uebereinstimmung der Resultate ist gegen die früheren eine gute zu nennen, zumal wenn die nicht unbedeutenden Zeitunterschiede zwischen den verschiedenen Beobachtungen berücksichtigt werden. Die grössten Differenzen betrugen etwa 6′.

---

*) Novi commentar. acad. Petrop. T. XIV. 1770.
**) Novi comment. acad. Petrop. XIX. 1775.
***) Acta acad. Petr. II. 1781.
†) Comment. soc. Gotting. rec. III. 1816.
††) Mém. de l'acad. de St. Petersb. sér. VI. T. I. 1830.

Welchem Umstande das Verdienst dieser besseren Uebereinstimmung zuzuschreiben ist, ist nicht zu entscheiden, der Methode der Berechnung wohl kaum, da man sich ebenderselben früher ohne den günstigen Erfolg bedient hatte, wahrscheinlich also der vollkommeneren Konstruktion der Instrumente, in der man allerdings damals gerade grosse Fortschritte gemacht hatte, als Beobachter wie Hansteen und Humboldt die Anforderungen an den Künstler höher gespannt hatten.

Eine neue Reihe von Beobachtungen stellte Kupffer im Jahre 1830 in St. Petersburg an, bei denen er nun schon die meisten der von uns besprochenen Fehlerquellen kannte und unschädlich machte.*)

Er bediente sich theils der Borda'schen, theils der Mayer'schen Methode. Die Resultate beider zeigten nicht unerhebliche Differenzen, ebenso wie diejenigen, die man durch zwei verschiedene Nadeln erhalten hatte. Die Maximaldifferenzen variirten bei den verschiedenen Beobachtungsreihen zwischen 0 und 5′, wenn ich eine Reihe ausnehme, von der Kupffer selbst sagt, er habe Grund, sie für fehlerhaft zu halten.

Ueber die Beobachtungen von Forbes, die 1837 in Göttingen angestellt wurden, vergl. man: Transactions of the Royal Society of Edinb. Vol. XV. part. 1.

Die genaueste Reihe von Beobachtungen endlich rührt aus dem Jahre 1842 von Gauss**) her, der die Inklination in Göttingen unter Berücksichtigung aller derjenigen Störungen berechnete, die wir ausführlich auseinandergesetzt haben. Ich würde es für ein Unrecht halten, diese Arbeit bruchstückweise hier mitzutheilen. Sie enthält den Kanon, nach dem man jetzt zu beobachten und zu berechnen hat, wenn man sich einmal einer Inklinationsnadel bedienen will. Es sei mir gestattet, auf jene Arbeit hiermit ausdrücklich zu verweisen.

Sämmtliche Beobachtungen nun, wie sie vom Jahre 1757 an bis auf unsere Zeit vorliegen, zeigen, wenn man nur ihre innere Uebereinstimmung in das Auge fasst, dass die Genauigkeit der Resultate stetig zunahm, dass also das Streben, die störenden Einflüsse zu beseitigen, kein vergebliches war. Aber selbst die letzten, selbst die Gaussischen Beobachtungen stimmen nicht mit derjenigen Genauigkeit unter einander überein, welche man von wissenschaftlich werthvollen Resultaten verlangen muss. Daher ist das ganze grosse während eines Jahrhunderts gesammelte Material für die Theorie des Erdmagnetismus nur von geringem Werthe, und es möchte wohl Niemanden geben, der daraus die jährliche Aenderung der Inklination auch nur mit einiger Sicherheit bestimmen wollte. Gauss bemerkt zwar, dass sich Humboldt's, Forbes' und seine eigenen Beobachtungen, die den Zeitraum von 1805 bis 1842 umfassen, durch die Annahme einer jährlichen Verminderung der Inklination um 3′ 2,3″ mit einander vereinigen lassen, sagt aber gleich hinterher, dass, da nach Hansteen's Untersuchungen die jährliche Abnahme allmälig geringer geworden zu sein scheine, die angegebene Zahl nur als ein Mittelwerth, der etwa für das Jahr 1829 passen möchte, anzusehen sei.

Wie sehr berechtigt war also das Streben, neue Methoden zu ersinnen, durch die man genauere Resultate zu erzielen vermochte.

Durch das Verfahren, welches ich in dem folgenden Abschnitte auseinandersetzen werde, wurde das ersehnte Ziel noch nicht erreicht. Man wagte es noch nicht, sich ganz von der Inklinationsnadel zu emancipiren, erhielt daher auch keine besseren Resultate, als solche, welche dies Instrument überhaupt zu liefern im Stande ist, und welche man durch das Gaussische Verfahren zu erreichen gelernt hatte. Die folgenden Methoden besitzen daher mit den bis jetzt behandelten eine gewisse Verwandtschaft, und es möge mir daher gestattet sein, sie denselben als einen ergänzenden Anhang hinzuzufügen.

Bestimmung der Inklination aus beobachteten Schwingungszeiten einer Magnetnadel.***)

Die Methode, die Schwingungsdauer einer Magnetnadel zur Bestimmung der Inklination zu benutzen, ist zuerst von Laplace, Sabine, Coulomb angedeutet und dann von Römer auf einer Reise nach Paramatta, von Quetelet, Gay-Lussac und Humboldt auf einer Reise durch Frankreich und die Schweiz zur Anwendung gebracht worden. Zur möglichsten Vollendung gebracht wurde sie durch Hansteen, welcher die wesentlichen Fehlerquellen berücksichtigte und unschädlich machte.

*) Pogg. Ann. 99. 1831.

**) Resultate aus den Beobachtungen des magnet. Vereins. 1841. Beobacht. der magnet. Inklin. in Göttingen. 1842.

***) Gehler's phys. Wörterb. Bd. V.; Gilbert's Ann. LXXVI. 1824. Sabine, An account of experiments to determine etc. Phil. trans. 1822. p. 1. Coulomb, Nouvelle méthode de déterminer l'inclinaison. Mém. de l'Instit. 1803.

Der dem angedeuteten Verfahren zu Grunde liegende Gedanke ist der, dass die Quadrate der Schwingungszeiten zweier Pendel von gleicher Länge sich umgekehrt zu einander verhalten wie die sollicitirenden Kräfte.

Wenn man nun eine und dieselbe Magnetnadel zuerst im magnetischen Meridiane, dann im magnetischen Aequator, dann in der horizontalen Ebene schwingen lässt, so ist, wenn wir die alten Bezeichnungen beibehalten, an magnetischen Kräften im ersten Falle allein I, im zweiten allein S, im dritten allein H wirksam. Bezeichnet man daher die Schwingungsdauer der Nadel in diesen drei Ebenen resp. mit T_i, T_s, T_h, so ist, wenn C eine von dem Trägheits- und dem magnetischen Momente der Nadel abhängige Konstante bedeutet,

$$I = \frac{C}{T_i^2}, \quad S = \frac{C}{T_s^2}, \quad H = \frac{C}{T_h^2}, \text{ und daher:}$$

$$\sin i = \frac{S}{I} = \frac{T_i^2}{T_s^2}, \quad \cos i = \frac{H}{I} = \frac{T_i^2}{T_h^2}, \quad \operatorname{tg} i = \frac{S}{H} = \frac{T_h^2}{T_s^2}.$$

Die Beobachtung von T_i und T_s empfiehlt Laplace, Sabine diejenige von T_i und T_h, diejenige von T_h und T_s Coulomb.

Das entwickelte einfache Resultat hat sich unter der stillschweigenden Voraussetzung ergeben,

1. dass ausser dem Erdmagnetismus keine andere Kraft auf die Nadel wirkt, dass dieselbe also vollkommen aequilibrirt ist,
2. dass die beobachteten Amplituden immer sehr klein sind, so dass man berechtigt ist, die Schwingungsdauer allein von der Grösse der beschleunigenden Kraft und nicht zugleich auch von der Grösse der Amplituden abhängig anzunehmen,
3. dass es gestattet ist, die magnetische Induktion zu vernachlässigen und
4. dass die Nadel sich während der ganzen Dauer der Beobachtungen nicht verändert hat.

In Wirklichkeit wird keine der vier Voraussetzungen erfüllt sein, und werden die einfachen Resultate daher noch einiger Korrekturen bedürfen.

In Bezug auf die magnetische Induktion kann ich nur auf das verweisen, was ich in dem vorigen Abschnitte darüber gesagt habe.

Die Berücksichtigung der mangelhaften Aequilibrirung der schwingenden Nadel rührt von Coulomb und Hansteen her. Eine sehr elegante Darstellung dieser Methode findet sich in den Resultaten des magnetischen Vereins v. J. 1838, wo sie von Sartorius von Waltershausen unter dem Namen Oszillationsmethode mitgetheilt wird. Dass Laplace, Coulomb und Sabine dieselbe schon sehr viel früher gekannt haben, geht aus meinen Citaten hervor.

Lässt man die Nadel in der horizontalen Ebene schwingen, so ist die Schwerkraft einflusslos, und daher, wenn $\mathfrak{M}$ das Trägheitsmoment der Nadel in Bezug auf ihre Drehungsaxe bedeutet,

$$1. \quad T_h = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{H \cdot M}}.$$

Lässt man die Nadel in dem Meridiane und dann in einer auf demselben senkrecht stehenden Ebene schwingen, so erhält man mit Berücksichtigung der Schwerkraft, wenn man das Drehungsmoment derselben mit K bezeichnet (wie aus der Gleichung für die Pendelsbewegung sofort hervorgeht):

$$2. \quad T_i = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{K - I \cdot M}}; \quad 3. \quad T_s = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{K - S \cdot M}}.$$

Magnetisirt man jetzt die Nadel um und wiederholt die vorigen Beobachtungen, so erhält man:

$$4. \quad T'_h = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{H \cdot M'}}; \quad 5. \quad T'_i = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{K + I \cdot M'}}; \quad 6. \quad T'_s = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{K + S \cdot M'}},$$

und es ist $7. \quad M \cdot T_h^2 = M' \cdot T_h'^2$.

Jetzt kann man die Inklination wieder auf drei verschiedene Weisen bestimmen, entweder mittelst der Gleichungen 1. 2. 4. 5. 7, oder mittelst 1. 3. 4. 6. 7, oder mittelst 2. 3. 5. 6. 7. Führen wir die erste dieser drei Bestimmungsarten durch, so ergiebt sich sofort:

$$\frac{T_h^2}{T_i^2} = \frac{K - I\,.\,M}{H\,.\,M}\,;\;\frac{T_h'^2}{T_i'^2} = \frac{K + I\,.\,M'}{H\,.\,M'},$$

oder, indem wir M' mittelst der Gleichung (7) eliminiren,

$$K - I\,.\,M = H\,.\,M\,.\left(\frac{T_h}{T_i}\right)^2$$

$$K + I\,.\,M\left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2 = H\,.\,M\,.\left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2\left(\frac{T_h'}{T_i'}\right)^2 = H\,.\,M\,.\left(\frac{T_h}{T_i'}\right)^2.$$

Durch Elimination von K ergiebt sich:

$$I\left(1 + \left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2\right) = H\left(\frac{1}{T_i'^2} - \frac{1}{T_i^2}\right)T_h^2, \text{ folglich ist:}$$

$$\text{I.}\quad \frac{H}{I} = \cos i = \frac{T_h^2 + T_h'^2}{T_i^2 - T_i'^2}\cdot\frac{T_i^2\,.\,T_i'^2}{T_h^2\,.\,T_h'^2}.$$

Ebenso erhält man aus den Gleichungen 1. 3. 4. 6. 7:

$$\text{II.}\quad \frac{H}{S} = \operatorname{tg} i = \frac{T_h^2 + T_h'^2}{T_s^2 - T_s'^2}\cdot\frac{T_s^2\,.\,T_s'^2}{T_h^2\,.\,T_h'^2}.$$

Will man die Gleichungen 2. 3. 5. 6. 7 benutzen, so hat man folgendermassen zu verfahren: Es ist:

$$(K - I\,.\,M)\left(\frac{T_i}{T_s}\right)^2 = K - S\,.\,M$$

$$\left(K + I\,.\,M\left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2\right)\left(\frac{T_i'}{T_s'}\right)^2 = K + S\,.\,M\left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2.$$

Durch Elimination von K folgt wiederum:

$$\frac{T_s^2 - T_i^2}{T_s' - T_i'^2}\left(\frac{T_s'}{T_s}\right)^2\left(\frac{T_h}{T_h'}\right)^2 = \frac{1 - \frac{I}{S}.\left(\frac{T_i}{T_s}\right)^2}{-1 + \left(\frac{I}{S}\right)\left(\frac{T_i'}{T_s'}\right)^2}, \text{ und hieraus:}$$

$$\text{III.}\quad \frac{I}{S} = \frac{1}{\sin i} = \frac{T_s^2\,T_h'^2\,(T_s'^2 - T_i'^2) + T_s'^2\,T_h^2\,(T_s^2 - T_i^2)}{T_i'^2\,T_h^2\,(T_s^2 - T_i^2) + T_i^2\,T_h'^2\,(T_s'^2 - T_i'^2)}.$$

Die Formel III. verlangt demnach Beobachtungen in drei verschiedenen Ebenen, während die Formeln I. und II. sich aus solchen in nur zwei Ebenen zusammensetzen.

Die übrigen Korrektionen, welche die Oscillationsmethode noch verlangt, sind alle mit der grössten Sorgfalt von Hansteen berücksichtigt worden. Notizen darüber finden sich zerstreut in vielen seiner Schriften, die ich an den betreffenden Stellen möglichst vollständig citiren werde.

Jedesmal, wenn Schwingungszeiten mit einander verglichen werden sollen, die aus Beobachtungen abgeleitet worden sind, welche weder mit derselben Elongation begannen, noch auch der Zahl nach übereinstimmten, ist es nöthig, die Reduktion auf unendlich kleine Amplituden auszuführen, denn von solchen allein gilt streng genommen das Gesetz, dass sie auf die Schwingungsdauer ohne Einfluss sind.

Ist t' die Zeit*), während welcher die Nadel den Bogen $2e$ beschreibt, wenn e die grösste Abweichung von der Ruhelage bezeichnet, t die Dauer einer unendlich kleinen Schwingung, so ist nach der Theorie des Pendels:

*) Gilb. Ann. Bd. LXXIX.

$$t' = t\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2\frac{e}{2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \sin^4\frac{e}{2} + \ldots\right\} = t\,(1 + R).$$

Bezeichnet man nun die auf einander folgenden Elongationen mit $e, e_1 \ldots e_n$ und die zugehörigen Korrektionen, d. h. die entsprechenden Werthe von R mit $R_0, R_1 \ldots R_n$ und setzt man die Zeit, während welcher jene n Schwingungen ausgeführt werden, gleich T, so ist

$$T = t\,(n + \Sigma R), \text{ folglich } t = \frac{T}{n + \Sigma R}.$$

Da nun die Theorie lehrt, dass die auf einander folgenden Amplituden eine geometrische Reihe bilden, dass also $e_1 = me$, $e_2 = m^2 . e, \ldots e_{n-1} = m^{n-1} . e$ ist, worin m durch die Gleichung definirt werden kann:

$$\log m = \frac{\log e - \log e_{n-1}}{n-1}, \text{ so ist}$$

$$\Sigma R = \frac{1}{4}\left(\sin^2\frac{e}{2} + \sin^2 . \frac{me}{2} + \ldots + \sin^2 . \frac{m^{n-1} . e}{2}\right)$$

$$+ \frac{9}{64}\left(\sin^4\frac{e}{2} + \sin^4 . \frac{me}{2} + \ldots + \sin^4\frac{m^{n-1} . e}{2}\right) \text{ etc.}$$

Da man es nun immer so einrichten kann, dass e niemals sehr gross wird, z. B. 30° nie übersteigt, so genügt es, nur die ersten Potenzen von e beizubehalten und alle, welche z. B. die vierte übersteigen, zu vernachlässigen. Man kann sich leicht überzeugen, dass man dadurch keine anderen Fehler begeht, als solche, welche auch bei den äussersten Ansprüchen noch innerhalb der Beobachtungsfehler liegen. Dann kann man also

$$\sin\frac{e}{2} = \frac{e}{2} - \frac{e^3}{48},\ \sin^2\frac{e}{2} = \frac{e^2}{4} - \frac{e^4}{48},\ \sin^4\frac{e}{2} = \frac{e^4}{16} \text{ setzen und erhält:}$$

$$\Sigma R = \frac{1}{4} . \frac{e^2}{4}\left(1 + m^2 + m^4 + \ldots + m^{2n-2}\right)$$

$$- \frac{1}{4} . \frac{e^4}{48}\left(1 + m^4 + m^8 + \ldots + m^{4n-4}\right)$$

$$+ \frac{9}{64} . \frac{e^4}{16}\left(1 + m^4 + m^8 + \ldots + m^{4n-4}\right)$$

$$= \left(\frac{e}{4}\right)^2 \frac{1 - m^{2n}}{1 - m^2} + \frac{11}{12} . \left(\frac{e}{4}\right)^4 . \frac{1 - m^{4n}}{1 - m^4}.$$

Gewöhnlich beobachtet man die Schwingungszeit nicht von der ersten, sondern von einer der folgenden Elongationen, z. B. der (r + 1)ten an. Ist nun $T_{(r+1)}$ die Zeit von n Schwingungen, wenn ich sie von der (r + 1)ten an zu zählen beginne, so ist T_{r+1} aus T dadurch abzuleiten, dass ich statt e: $m^r . e$ setze, dann aber wird

$$T - T_{r+1} = t\left\{\left(1 - m^{2r}\right)\left(\frac{e}{4}\right)^2 \frac{1 - m^{2n}}{1 - m^2} + \frac{11}{12} . \left(1 - m^{4r}\right)\left(\frac{e}{4}\right)^4 . \frac{1 - m^{4n}}{1 - m^4}\right\},$$

eine Formel, die vielfache Anwendung findet.

Die durchgeführte Reduktion wäre fehlerlos, wenn der Anfang der Schwingungen, d. h. die Ruhelage der Nadel genau fixirt werden könnte. Da das aber selten möglich sein wird, so ist es vortheilhaft, statt der Grössen e, me etc. die ganzen Amplituden, gerechnet von einer grössten Abweichung aus der Ruhelage bis zu der nächsten, zu beobachten. Dann beginnt also die erste Schwingung bei dem Endpunkte der Elongation e und endet an der entgegengesetzten Seite der Ruhelage mit dem Endpunkte der Elongation me, die zweite reicht von dort bis zum Endpunkte von m^2e u. s. w. Man hat also eine halbe Schwingung durch den Bogen e, zwei halbe durch den Bogen me, zwei halbe durch m^2e etc. und zuletzt wieder eine halbe durch den Bogen m^ne.

Setzt man diese Werthe in die Reihe

$$t' = t\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2\frac{e}{2} + \left(\frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\right)^2 \sin^4\frac{e}{2} + \ldots\right\}$$

ein und bildet wieder die Grösse $\Sigma t'$, die ich jetzt T' nennen will, so wird zunächst:

$$t' = t\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\sin^2\frac{e}{2} + \sin^2\frac{me}{2}}{2} + \left(\frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\right)^2 \frac{\sin^4\frac{e}{2} + \sin^4\frac{me}{2}}{2} + \ldots\right\}$$

und dann:

$$T' = t\left\{n + \frac{1}{2}\left(\frac{e}{4}\right)^2 (1 + m^2)\,\frac{1 - m^{2n}}{1 - m^2} + \frac{11}{24}\left(\frac{e}{4}\right)^4 (1 + m^4)\,\frac{1 - m^{4n}}{1 - m^2}\right\}.$$

Hieraus lässt sich dann t, also auch nt bestimmen.

Die übrigen Korrektionen, welche Hansteen und einige andere Beobachter noch berücksichtigt und berechnet haben, beziehen sich auf die Störungen, welchen die Nadel und ihre Amplituden während der Dauer der Beobachtungen durch atmosphärische Einflüsse unterworfen sind.

Die Reduktion der Beobachtungen auf eine Normaltemperatur ist meistens mittelst des Hansteen'schen Apparates ausgeführt worden, der folgende Beschaffenheit hat*) (Fig. 6): In einem Messinggefäss ABCD befindet sich ein Glasgefäss EFGH, das mit einem Deckel von Spiegelglas versehen ist. ON ist ein durch den Deckel gehendes Thermometer, IK eine Glasplatte mit einer Kreistheilung, über welcher die Magnetnadel schwingen soll. Man bringt dann in das äussere Gefäss eine Flüssigkeit, die man beliebig erwärmen und erkälten kann, beobachtet die Schwingungsdauer der Nadel bei verschiedenen Temperaturen, die man an dem Thermometer abliest und leitet so empirisch die Korrektion ab, die man an einer bei der Temperatur τ' beobachteten Schwingungszeit T' anbringen muss, um daraus die Dauer T derselben Anzahl von Schwingungen bei einer Normaltemperatur τ, die man im Uebrigen beliebig wählen darf, zu erhalten. Hansteen fand für seine Nadel die Formel $T = T'\{1 - 0{,}000394\,(\tau' - \tau)\}$,

Christie: $T = T'\{1 - 0{,}001269\,(\tau' - \tau)\}$,

endlich Kupffer: $T = T'\{1 - 0{,}0055\,(\tau' - \tau)\}$.

Spätere Versuche ergaben noch andere Resultate**), und in der That wird man es für ein müssiges Bestreben halten müssen, in jene Zahlenkoefficienten Uebereinstimmung zu bringen, wenn man bedenkt, dass dieselben wesentlich von der Beschaffenheit der Nadeln abhängen. Höchstens für dieselbe Nadel und auch dann nur innerhalb mässiger Temperaturgrenzen wird man eine solche Uebereinstimmung verlangen dürfen.

Hansteen und Kupffer, deren Angaben am weitesten auseinandergehen, operirten in der That mit sehr verschiedenen Nadeln, da diejenige des ersteren 3'', die des letzteren 18,5'' Länge hatte. Moser und Riess glauben das Gesetz gefunden zu haben, dass bei grossen Nadeln die durch eine Erhöhung der Temperatur bewirkte Schwächung des Magnetismus proportional der Oberfläche derselben sei und sie bestimmen den Temperaturkoefficienten für 1° bei Nadeln von über 34''' Länge auf 0,000231 und bei Nadeln von weniger als 24''' Länge auf 0,000162 . d, wenn d die Dicke der Nadel bezeichnet.

Welchen Werth alle diese Angaben haben, wird man theoretisch nicht entscheiden können; jedenfalls werden sie einen gewissenhaften Beobachter nur dazu veranlassen, die Temperaturkorrektion für jede Nadel, die er in Gebrauch nimmt, selbst zu ermitteln.

Die Reduktion der beobachteten Schwingungszeiten auf einen Normalbarometerstand oder auf den luftleeren Raum ist nicht weniger wichtig, als diejenige auf eine Normaltemperatur. Der Einfluss der die schwingende Nadel umgebenden Luft macht sich nämlich sowohl durch den Widerstand geltend, den die letztere der ersteren leistet, als auch dadurch, dass in Folge dieses Widerstandes und der dadurch bewirkten Reibung die Luft selbst bis zu einer gewissen Entfernung von der Nadel in Bewegung gesetzt, die schwingende Masse vergrössert, also die Schwingungsdauer verkleinert wird. Lamont***) hat die Reduktion auf einen Normalbarometerstand empirisch ermittelt,

*) Pogg. Ann. 85.
**) Ann. de chimie et de phys. XXXV.; Pogg. Ann. 10.
***) Pogg. Ann. 71.

indem er seinen Magneten abwechselnd in verdünnter und in natürlicher Luft schwingen liess. Er fand, dass, wenn man die Schwingungsdauer im luftleeren Raum mit T, diejenige im lufterfüllten Raume bei dem Barometerstand p mit T_p bezeichnete, im Mittel

$$T_p = T\left(1 + \frac{p}{28} \cdot 0{,}00033\right) \text{ war.}$$

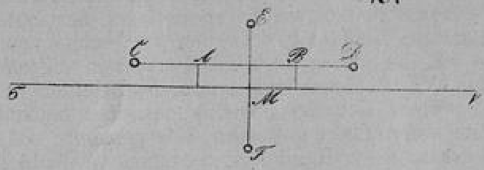
Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass auch diese Korrektion von den Dimensionen der Nadel abhängt und von jedem Beobachter für seinen Magneten besonders bestimmt werden muss.

In Bezug auf die Korrektionen, welche speziell den horizontalen Schwingungen hinzugefügt werden müssen, wenn man den Einfluss der Torsion des Fadens, an dem die Magnetnadel hängt, eliminiren will, verweise ich, da dieser Gegenstand unserem eigentlichen Thema ferner liegt, auf Gehler's phys. Wörterbuch. VI., Schumacher's astron. Nachrichten IX. und Gauss intensitas vis etc.

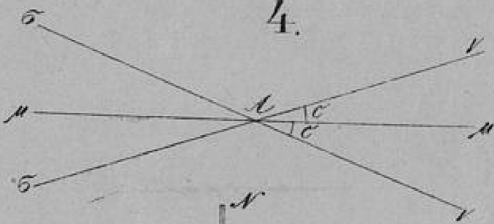
Die Beobachter, welche sich der Schwingungszeiten bedienten, um den Werth der Inklination abzuleiten, habe ich am Anfange dieses Kapitels genannt. Es sind Laplace, Sabine, Coulomb, Roemer, Quetelet, Gay-Lussac, A. v. Humboldt, Sartorius v. Waltershausen. Für die Theorie des Erdmagnetismus sind auch diese Beobachtungsreihen nur von geringem Werthe, da sie weder reichhaltig genug sind noch auch erkennen lassen, ob sie mit denjenigen Reduktionen versehen sind, ohne welche sie weder mit einander verglichen noch auch kombinirt werden dürfen. Die innere Uebereinstimmung der Zahlenangaben der einzelnen Reihen ist auch bei der Oszillationsmethode keine grössere als bei der der einfachen Neigungsbeobachtung. In der That wäre das entgegengesetzte Resultat seltsam bei einer Methode, die genau denselben störenden Einflüssen unterworfen ist, welche die Beobachtungen an dem gewöhnlichen Inklinatorium unsicher machen. Wir müssen daher zu dem Schlusse gelangen, dass auch die Methode der Oszillationsbeobachtungen nicht diejenigen Anforderungen erfüllt, welche man an eine genaue, wissenschaftlich genügende Bestimmung der Inklination stellen muss.

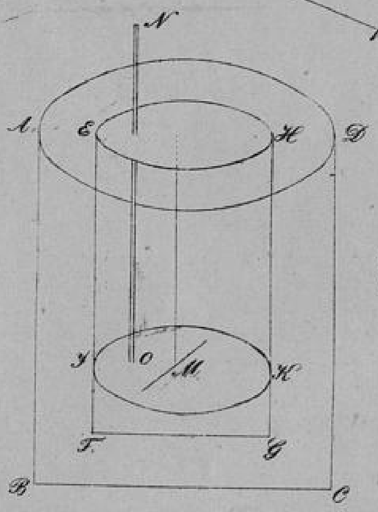
E. Hutt.

2.

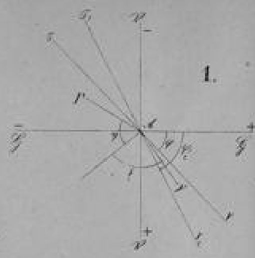


4.

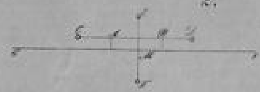




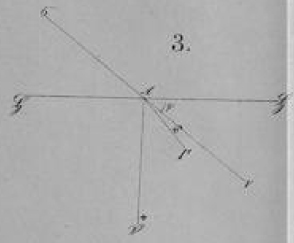
6.



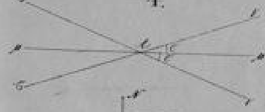
1.



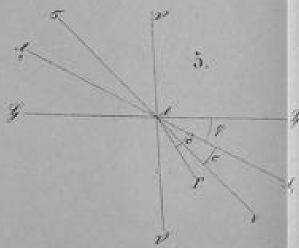
2.



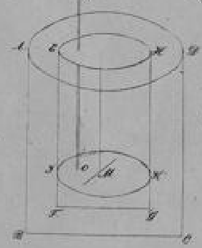
3.



4.



5.



6.

Jahres-Bericht

von Ostern 1873 bis Ostern 1874.

I. Allgemeine Lehrverfassung.

Lectionsvertheilung während des Sommer-Semesters.

	Lehrer.	Prima.	Ober-Secunda.	Unter-Secunda.	Ober-Tertia.	Unter-Tertia.	Quarta.	Quinta.	Sexta.	Stundenzahl.
1.	1. Direktor Dr. Imhof, Ord. I.	8 Latein.	(2 Vergil).							8 (10).
2.	2. Prorektor Nagel, Ord. IIa.	6 Griechisch.	8 Latein. 3 Geschichte.							17
3.	3. Conrektor Dr. Seyffert, Ord. IIb.	3 Geschichte.		8 Latein. 6 Griechisch.				3 Religion.		20.
4.	4. Subrektor Dr. Döhler, Ord. IIIa.	2 Französ.	2 Französ.	2 Französ.	10 Latein. 2 Französ. 3 Geschichte.					21.
5.	5. Mathematikus Dr. Hutt.	4 Mathem. 2 Physik.	4 Mathem. 1 Physik.	4 Mathem. 1 Physik.	3 Mathem.					19.
6.	1. Collaborator I. Gross, Ord. IIIb.		6 Griechisch.			8 Latein.	6 Griechisch. (2 Deutsch).			20 (22).
7.	2. Collaborator II. Dr. Brückner, Ord. IV.	2 Religion. 3 Deutsch. 2 Hebräisch.	2 Deutsch. 2 Hebräisch.				10 Latein.			21.
8.	3. Collaborator III. Dr. Strube, Ord. V.			2 Deutsch. 2 Ovid.	6 Griechisch.			10 Latein. 2 Deutsch.		22.
9.	4. Collaborator IV. Dr. Kaesebier, Ord. VI.			3 Geschichte.		6 Griechisch.			10 Latein. 3 Deutsch.	22.
10.	5. Collaborator V. Grupp.				2 Deutsch. 2 Naturg.	3 Mathem. 2 Naturg. 2 Ovid. 2 Französ.	3 Mathem.	3 Rechnen.	3 Rechnen.	22.
11.	6. Wissensch. Hülfslehrer Treutmann.		2 Religion.	2 Religion.	2 Religion.	2 Religion. 2 Deutsch. (3 Gesch.)	2 Religion. 3 Geschichte und Geogr. 2 Französ.	3 Französ.		20 (23).
12.	7. cand. prob. Dr. Zillgenz.		2 Vergil.			3 Geschichte.	2 Deutsch.			7.
13.	1. Musikdirektor Dr. Thierfelder.	2 Singen.						2 Singen.	2 Singen.	6.
14.	2. Gymnasial-Elementarlehrer Jahnke.	2 Zeichnen. 4 Turnen.					2 Zeichnen.	2 Zeichnen. 3 Schreiben. 2 Naturg. 2 Geogr.	2 Zeichnen. 3 Schreiben. 3 Religion. 2 Naturg. 2 Geogr.	29.

Die Lektionsvertheilung während des Winter-Semesters blieb im Wesentlichen dieselbe. Nur übernahm der Probeamts-Candidat Dr. Zillgenz 2 Stunden griechischen Unterricht in IIa, während er dafür 2 Stunden Deutsch in IV. an Coll. Gross abtrat. Der Turnunterricht beschränkte sich auf 2 Stunden wöchentlich.

Absolvierte Unterrichts-Pensa.

Prima.

Religion: S. Lektüre des Römerbriefes und einzelner Abschnitte aus dem Galaterbriefe im Grundtexte. — W. Confessio Augustana, Unterscheidungslehren, Wesen der Union.
Deutsch: S. Das Leben und die Schriften Lessings. — W. Das Leben und die Schriften Goethes.
Lateinisch: S. Cicero, de officiis III. Tacitus, Germania. Horatius, Od. III. Privatim Liv. 29—31. — W. Cicero, Tusculan. V. Tacitus, Agricola. Horat., Od. IV., ausgewählte Episteln, Metrik. Die Lehre von der Wortstellung und Periode. Privatim Liv. 32—35.
Griechisch: S. Platon, Phaedon mit Auswahl. Homer, Il. 4—12. — W. Thukydides II., Sophokles, Antigone, Ilias 13—15.
Französisch: S. Ponsard, Lucrèce. — W. Racine, Iphigénie.
Hebräisch: S. Samuel. II. W. Desgl. Einige Psalmen.
Geschichte: Geschichte der neueren und neuesten Zeit bis 1871. Repetition der alten Geschichte, besonders der Verfassungsgeschichte.
Mathematik: S. Stereometrie und Trigonometrie. — W. Stereometrie und Syntaktik.
Physik: S. Akustik und Wellentheorie. — W. Optik.

Ober-Secunda.

Religion: S. Neutestamentliche Bibelkunde. — W. Alttestamentliche Bibelkunde.
Deutsch: S. Historische Grammatik und Lektüre der Nibelungen im Grundtexte. — W. Uebersicht über die alte Litteratur und Lektüre der Gudrun im Grundtexte.
Lateinisch: S. Cicero, pro Roscio Amerino, Auswahl aus Liv. 21. Vergil. Aen. V. — W. Cicero, Philippica II. Auswahl aus Liv. 22 f. Vergil. Aen. VI. VII. Priv. Liv. 23. 24.
Griechisch: S. Lysias, in Eratosthenem, Herodot. I. Homer, Ilias 5 f. — W. Plutarch, Agis und Kleomenes, Herodot. II. III. Homer Il. 9. 1 ff. Priv. Xen. Hell. 1. Anab. 4.
Französisch: S. Molière, l'avare. — W. Capefigue, histoire de Charlemagne.
Hebräisch: Nach dem Grundlehrplan.
Geschichte: Römische Geschichte und Geographie von Alt-Italien.
Mathematik: S. Trigonometrie. — W. Gleichungen, geometrische und trigonometrische Uebungen.
Physik: S. Mechanik der tropfbar- und der gasförmig-flüssigen Körper. — W. Electricität und Magnetismus.

Unter-Secunda.

Religion: S. Lektüre der Apostelgeschichte, W. Lektüre des Matthäusevangeliums im Grundtexte.
Deutsch: S. Lektüre von Schillers Wilhelm Tell und Maria Stuart. — W. Lektüre von Herders Cid, Schillers Glocke.
Lateinisch: S. Cicero, pro rege Deiotaro, pro Ligario. Liv. 27. Ovid. Tristia II. u. IV. mit Auswahl. — W. Sallust. bell. Jugurth. mit Auswahl. Cic. in Catil. II. III. Ovid. Fasti, ausgewählte Abschnitte. Privat. Caes. b. c. repetiert.
Griechisch: S. Xenophon, Anabasis IV. V. Homer, Odyssee 1—6. — W. Xenophon, Hellenika I. und II. Homer, Od. 7—12.
Französisch: Lektüre des Lesebuchs nach dem Grundlehrplan. Scribe, le verre d'eau.
Hebräisch: mit IIa. combiniert.
Geschichte: Griechische Geschichte und Geographie von Altgriechenland.
Mathematik: S. Die Gleichheit der Figuren incl. Kreisrechnung, die Logarithmen. — W. Die Aehnlichkeitslehre, Algebraische Uebungen, Gleichungen.
Physik: S. Eigenschaften der festen Körper. Elemente der Chemie. — W. Mechanik der festen Körper.

Ober-Tertia.

Religion: S. Geschichte der apostolischen Zeit. — W. Reformationsgeschichte.
Deutsch: S. Lektüre aus dem Lesebuche mit Belehrungen über Gegenstände der Rhetorik. — W. desgleichen mit Belehrungen über Gegenstände der Poetik.
Lateinisch: S. Caesar, bell. civ. I. Ovid. Metamorph. VII. mit Auswahl. — W. Curtius. V. f. Ovid. Met. IX. mit Ausw. Prosodie, Modus- und Tempuslehre II. Priv. Caesar b. Gall. 1.

Griechisch: Xenophon, Anabasis III. u. IV. Einführung in die Lektüre Homers. Unregelm. Verba.
Französisch: Lektüre des Charles XII.; Grammatik nach dem Grundlehrplan.
Geschichte: Brandenburgisch-Preussische Geschichte. Geographie und Statistik von Preussen.
Mathematik: S. Die Lehre vom Kreise. — W. Die Lehre von den Potenzen, Wurzeln, irrationalen und imaginären Grössen; Gleichungen 1. Grades.
Naturkunde: S. Botanik. — W. Mineralogie.

Unter-Tertia.

Religion: S. Das vierte und fünfte Hauptstück. — W. Das Leben Jesu.
Deutsch: Lektüre und Memorieren von Gedichten, nach dem Grundlehrplan.
Lateinisch: S. Caesar, bell. Gall. VII. Ovid. Met. VI. mit Auswahl, W. Caesar, bell. Gall. I. II. Ovid. Met. I. mit Auswahl. — Prosodie, Modus- und Tempuslehre I.
Griechisch: Lektüre des Lesebuchs, verba liquida, contracta und auf $\mu\iota$.
Französisch: Plötz, Schulgrammatik § 1—36.
Geschichte: Deutsche Geschichte. Geographie u. Statistik des ausserpreussischen Deutschlands.
Mathematik: S. Buchstabenrechnung und Proportionen. — W. Eigenschaften der Dreiecke und Vierecke.
Naturkunde: S. Botanik. — W. Zoologie.

Quarta.

Religion: Geschichte des Volkes Israel. Eintheilung der Bibel. Memorieren des 4. u. 5. Hauptstücks.
Deutsch: Lektüre des Lesebuchs, Memorieren von Gedichten, Abschluss der Satzlehre, Fremdwörter.
Lateinisch: Cornelius Nepos, ausgewählte Biographien. Casuslehre.
Griechisch: Formenlehre incl. des verbum mutum. Lektüre des Lesebuchs.
Französisch: Plötz, Elementargrammatik § 40 bis zu Ende.
Geschichte: Das Wichtigste aus der griechischen und römischen Geschichte. Geographie Deutschlands und Europas.
Mathematik: S. Decimalbrüche. — W. Anfangsgründe der Geometrie bis zur Congruenz der Dreiecke.

Quinta.

Religion: Biblische Geschichten aus dem neuen Testament. Das 2. u. 3. Hauptstück.
Deutsch: Lektüre des Lesebuchs, Memorieren von Gedichten, der zusammengesetzte Satz.
Lateinisch: Die unregelmässige Formenlehre. Lektüre des Lesebuchs.
Französisch: Plötz, Elementargrammatik § 1—40.
Geographie: Die aussereuropäischen Länder.
Rechnen: Regeldetri mit benannten Zahlen. Bruchrechnung.
Naturkunde: S. Populäre Botanik. — W. Populäre Zoologie.

Sexta.

Religion: Biblische Geschichten aus dem alten Testament. Das 1. Hauptstück.
Deutsch: Lektüre des Lesebuchs, Memorieren von Gedichten, der einfache Satz.
Lateinisch: Die regelmässige Formenlehre. Lektüre des Lesebuchs.
Geographie: Einführung in die Geographie. Allgemeines über Europa.
Rechnen: Die vier Species mit benannten und unbenannten Zahlen. Regeldetri.
Naturkunde: S. Einheimische, namentlich Giftpflanzen. — W. Einheimische Thiere.

Verzeichniss der Schulbücher.

Religion. Hollenberg, Hülfsbuch für den evang. Religionsunterricht, V—I. Zahn, bibl. Historien, VI—V. Das griechische neue Testament, II—I.
Deutsch. Hopf und Paulsiek, Lesebuch, VI—IIIa. Kluge, Geschichte der Nationallitteratur, II—I.
Latein. Ellendt-Seyffert, Grammatik, VI—I. Zumpt, Grammatik, II—I. Seyffert, Materialien, I. Seyffert, Uebungsbuch, II. Seyffert, Palaestra Musarum, III. v. Gruber, Uebungsbuch, IIIa. Die Ostermannschen Uebungsbücher von VI—IIIb.
Griechisch. Krüger, Sprachlehre, II—I. Krüger, Formenlehre, IV—IIIa. Seyffert, Uebungsbuch, II—I. Gottschick, Lesebuch und Beispielsammlung, IV—III.

Französisch. Plötz, Formenlehre und Syntax der neufranz. Sprache, II—I. Plötz, vocabulaire system., IIIa—II. Plötz, Schulgr. III. Plötz, Elementargr., V—IV. Schütz, Lesebuch, II. E. Döhler, Materialien zum Uebersetzen aus dem Deutschen ins Französische.
Hebräisch. Gelbe, Grammatik, II—I. Gesenius, Lesebuch, II. Hebr. Bibel, I.
Geschichte. W. Herbst, hist. Hülfsbuch, II—I. Eckertz, Hülfsbuch, III. Jäger, Hülfsbuch, IV.
Geographie. Daniel, Leitfaden, VI—IV. Daniel, Lehrbuch, III.
Mathematik. Mehler, Hauptsätze der Elementar-Mathematik, IV—I. Meyer Hirsch, III—I. Vega, Logarithmentafeln, II—I.
Physik. Koppe, Lehrbuch.

Themata zu den deutschen und lateinischen Aufsätzen.

Deutsche Themata: a) in Prima: 1. Auf welche Weise gelingt es dem M. Antonius in Shakespeares Julius Caesar das Volk aufzuwiegeln? 2. Wie ist der von Horaz in der 16. Ode des ersten Buchs angezogene mythologische Gedanke zu beurtheilen? 3. Thersites und Richard III. 4. Wie giebt der Dichter eine Vorstellung von körperlicher Schönheit? 5. Wie stellt sich Lessing in seiner Beurtheilung der Laokoongruppe zu Winckelmann? (Klassenaufsatz.) 6. Welchen Einfluss hat der Handel auf die Bildung eines Volkes? 7. Welche Bedeutung hatte der siebenjährige Krieg für die Entwickelung des jungen Göthe? 8. Welche Abweichungen von der Geschichte musste sich Göthe in seinem Götz gestatten? (Klassenaufsatz). 9. Wie ist die von Göthe in der ersten Epistel ausgesprochene Ansicht über den Einfluss der Lektüre zu beurtheilen? 10. Wie und warum hat Göthe die der Iphigenie zu Grunde liegende antike Fabel umgestaltet?

b) in Ober-Secunda: 1. Welchen Einfluss hat die Küstenentwickelung eines Volkes auf die Kultur seiner Bewohner? 2. Die Geburtstagsfeier der Pfarrerstochter zu Grünau (nach Voss). 3. Welche Aufnahme erfuhr die Einladung Etzels am Hofe zu Worms? (Klassenaufsatz). 4. Welcher Gehülfen bedient sich der Mensch bei der Ausübung seiner körperlichen Arbeiten? 5. Die Begegnung Hagens mit Chriemhilde im Hunnenlande. 6. Wie kam es, dass nach dem Tode Gustav Adolfs der Krieg noch fortgesetzt wurde? (Nach Schiller). 7. Der Schatzgräber. (Eine Erzählung nach dem Götheschen Gedichte). 8. Was Göthe und Schiller von dem Dichter sagen. (Die Gedichte „Der Sänger“, „Graf von Habsburg“, „Die Macht des Gesanges“ und „Pegasus im Joche“ waren zu berücksichtigen). 9. Ursachen und Verlauf des römischen Bundesgenossenkrieges (Klassenaufsatz). 10. Gudrun, nach den Aventüren XX.—XXIV.

c) in Unter-Secunda: 1. Das Leben des Miltiades (nach Cornelius Nepos). 2. Maria Stuart, Charakterschilderung. 3. Das Gewitter, Naturschilderung. 4. Inhalt des 3. Aktes der Maria Stuart. 5. Die spartanische Erziehung und bürgerliche Zucht (Klassenaufsatz). 6. Philippus rettet das Leben Alexanders d. Gr. (nach Curtius). 7. Der Auszug unserer Truppen in den Krieg. 8. Cids Verhalten gegen König Sancho. 9. Die Schlacht bei Marathon (Klassenaufsatz). 10. Ximene, die würdige Gattin des Cid.

Lateinische Themata: a) in Prima: 1. Qualem Crassus esse velit oratorem, qualem Antonius. 2a. Qualem finxit Horatius hominem garrulum illum et importunum in satira libri primi nona? b. Quo iure Cicero dixerit ante Salamina ipsam obrutum iri quam Salaminii tropaei memoriam. 3a. Vt valida Augusto in rempublicam fortuna, ita domi improspera fuit. b. Ciceronis vitam imbecillitatis fragilitatisque rerum humanarum documentum esse. 4a. Quomodo factum sit, ut Horatius Augustum, contra quem arma tulisset, ex animi sententia posset laudare. b. Socrates non solum philosophus egregius fuit, sed bonus etiam civis. 5. In Masinissa animum fuisse rebus suis superiorem. 6a. P. Scipio cur in Africam traiecit, antequam Hannibalem in Italia oppressisset? b. Quas res in Africa gesserit P. Scipio maior. 7. Quam virtutem in Vlixe laudare Homerus videtur, cum non modo multas urbes vidisse eum, sed multorum etiam hominum ingenia perspexisse dicit?

8a. Rebus in angustis facile est contemnere vitam;
Fortiter ille facit, qui miser esse potest.
b. Quanto quisque sibi plura negaverit, Ab dis plura feret.

9. P. Scipio apud Livium (XXX. 14): qui voluptates suas temperantia frenavit ac domuit, multo maius decus maioremque victoriam sibi peperit, quam hoste victo (Chrie). 10a. De dis quid sensisse Horatius videatur. b. Agrippa Octaviano suadet, ut imperium deponat. c. Maecenas Octaviano suadet, ne imperium deponat. 11. Graecarum civitatium forma qualis Homeri aetate fuerit (Klassenarbeit). 12. Horatianum illud, fortes creari fortibus et bonis, Romanorum exemplis probetur. 13. Num recte Cicero dicat, omnem exsuperantiam virtutis odio esse hominibus.

b) in Ober-Secunda: 1. Qua ratione caedes Sexti Roscii sit facta, enarretur. 2. De pugna ad Trasumenum lacum facta. 3. Quibus rebus bello Punico secundo Campani sint commoti, ut a Romanis deficerent. 4. Victoria de Mithridate rege reportata utri praecipue debeatur, L. Lucullo an Pompeio?

Themata zu den Abiturienten-Arbeiten.

Michaelis 1873. Deutsch: Wie überwindet Sophokles in seinem Philoktet die Schranken der dramatischen Poesie, welche sie mit der bildenden Kunst gemein hat?

Lateinisch: Horatium fuisse patriae amantissimum.

Mathematik: 1. In einem Dreieck abc soll ein Punkt x so konstruiert werden, dass axb : bxc : cxa = 1 : 2 : 3 ist. 2. In zwei gegenüberliegende Würfelflächen sind berührende Kreise eingezeichnet und auf denselben gerade Kegel konstruiert, deren Spitzen wechselweise in den Mitten dieser Flächen liegen. Die beiden Kegel bilden bis zu ihrem gegenseitigen Durchschnitt einen Körper, der die Form eines Stundenglases hat, während das beiden Kegeln gemeinsame Stück ein gewöhnlicher Doppelkegel ist. Wie gross sind die Oberflächen und die Kubikinhalte dieser beiden Körper? 3. Von zwei Orten c und d ist man durch einen Fluss getrennt. Um die gegenseitige Entfernung dieser Orte zu finden, misst man eine Standlinie ab = 4283,8^{m} und folgende Winkel: bac = 39° 14′ 30″, cad = 42° 28′ 20″, cbd = 41° 3′ 20″, dba = 65° 18′ 10″. Wie weit ist c von d entfernt? 4. Nach den Untersuchungen über die Eigenwärme der Erde nimmt diese in je 300^{m} um 1° C. zu. Wenn nun an der Oberfläche die Wärme 10° beträgt, wie viel Grade werden dann im Mittelpunkte der Erde sein, wenn man den Radius derselben zu 6435 Km. annimmt? Bei welcher Tiefe wird das Wasser kochen?

Ostern 1874: Deutsch: Welchen Einfluss hatte der Aufenthalt zu Strassburg auf Göthe?

Lateinisch: Philippum non contemnendum fuisse Romanis adversarium.

Mathematik: 1. Ein Dreieck zu konstruieren, von dem gegeben sind die Halbierungslinie des Winkels an der Spitze und die von den Endpunkten der Grundlinie auf dieselbe gefällten Lothe. 2. Gegeben ist eine Kugel mit dem Radius r, es soll der Inhalt des grössten geraden Kegels bestimmt werden, der aus ihr herausgeschnitten werden kann. 3. Es soll die Höhe des Thurmes DC = b bestimmt werden, wenn man in der Horizontalebene ABC die Standlinie AB = a und die Winkel CAB = α, ABC = β, DAC = γ oder statt des letzteren DBC = δ gemessen hat. Welche Relative findet zwischen den Winkeln α, β, γ, δ statt? Die Berechnung soll für die Zahlenwerthe AB = 35,5^{m}, α = 55° 10′, β = 45° 20, γ = 75° 30′ durchgeführt werden. 4. Wie tief ist ein Schacht, in welchem man einen Stein nach 6 Sekunden aufschlagen hört? Die Beschleunigung der Schwerkraft soll zu 9,808^{m}, die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft zu 333^{m} angenommen werden.

II. Mittheilungen

aus den Verfügungen des Königlichen Provinzial-Schul-Collegiums.

1873: 22. Mai: Für die Prüfung derjenigen jungen Leute, welche in Gemässheit des Ministerial-Erlasses vom 28. Oktober 1871 behufs ihrer Zulassung zur Portepéefähnrichs-Prüfung ihre Reife für die Prima eines Gymnasiums oder einer Realschule I. O. nachweisen wollen, sind Termine in den Monaten Januar, Mai und November anberaumt. Die Meldungen für dieselben sind unter Hinzufügung eines curriculum vitae, sowie der Zeugnisse über den früheren Schulbesuch und den etwa genossenen Privatunterricht bis zum 15. Januar, 15. Mai und 1. November jedes Jahres bei dem Königl. Provinzial-Schul-Collegium einzureichen.

25. August: Für die Vorprüfung der Aspiranten zur Aufnahme in die militär-ärztlichen Bildungsanstalten in Berlin wird eine Central-Commission eingesetzt, deren Thätigkeit im März 1874 beginnt. Im Interesse der Aspiranten werden die Vorprüfungen den Aufnahmeterminen möglichst nahe gelegt, welche letzteren kurz vor dem 1. April und 1. October stattfinden. Diejenigen Abiturienten, welche sich zur Aufnahme in die militär-ärztlichen Bildungsanstalten melden wollen, sind thunlichst so rechtzeitig mit dem Maturitäts-Zeugniss oder einer beglaubigten Abschrift desselben zu versehen, dass die betreffenden Zeugnisse bis zum 20. März resp. 20. September an die Prüfungs-Commission gelangen können.

19. November: H. Kiepert, Schulwandkarte der Provinz Brandenburg in 9 Blättern wird zur Anschaffung empfohlen.

1874: 8. Januar: Die Ferienordnung wird, wie folgt, festgestellt:

1. Osterferien:
Schluss des Wintersemesters: Sonnabend, den 28. März.
Beginn des Sommersemesters: Montag, den 13. April.

2. Pfingstferien:
Schluss der Lektionen: Freitag, den 22. Mai.
Wiederbeginn: Donnerstag, den 28 Mai.

3. Sommerferien:
Schluss der Lektionen: Sonnabend, den 4. Juli.
Wiederbeginn: Montag, den 3. August.

4. Herbstferien:
Schluss des Sommersemesters: Sonnabend, den 26. September.
Beginn des Wintersemesters: Montag, den 12. Oktober.

5. Weihnachtsferien:
Schluss der Lektionen: Sonnabend, den 19. December.
Wiederbeginn: Montag, den 4. Januar 1875.

26. Januar: Bei der Aufnahme von Schülern, welche das 12. Lebensjahr bereits überschritten haben, ist nicht blos der Nachweis der ersten Impfung, sondern auch der stattgehabten Revaccination zu fordern.

2. Februar: An das Königl. Provinzial-Schul-Collegium sind 367 resp. 368 Exemplare des Programms einzureichen.

21. Februar: Mittheilung einer Ministerial-Verfügung vom 11. Febr. 1874: Den Schülern ist jede Betheiligung an der „Walhalla" zu untersagen, Zuwiderhandelnde angemessen zu bestrafen.

III. Statistische Verhältnisse.

A. Frequenz.

1. Im Sommer-Semester.

Klasse.	Gesammtzahl.	Evangelische.	Katholische.	Jüdische.	Einheimische.	Auswärtige.
Prima	17	16	1	—	9	8
Ober-Secunda	12	12	—	—	6	6
Unter-Secunda	29	28	1	—	19	10
Ober-Tertia	31	28	1	2	20	11
Unter-Tertia	40	39	—	1	26	14
Quarta	47	46	—	1	28	19
Quinta	36	34	—	2	24	12
Sexta	47	47	—	—	27	20
Summa	259	250	3	6	159	100

2. Im Winter-Semester.

Klasse.	Gesammtzahl.	Evangelische.	Katholische.	Jüdische.	Einheimische.	Auswärtige.
Prima	16	15	1	—	10	6
Ober-Secunda	16	15	1	—	9	7
Unter-Secunda	24	23	1	—	14	10
Ober-Tertia	37	35	—	2	26	11
Unter-Tertia	46	44	—	2	29	16
Quarta	40	38	—	2	26	13
Quinta	49	49	—	—	32	17
Sexta	34	33	1	—	28	6
Summa	262	252	4	6	174	88

B. Abiturienten.

Das Zeugniss der Reife erhielten:

	Name.	Geburtsort.	Stand des Vaters.	Confession.	Alter.	Aufenthalt in der Anstalt.	Aufenthalt in der Prima.	Beruf.
Michaelis 1873.	Georg Bendel.	Brandenb.	Justizrath. †	ev.	21	12	2½	Ingenieurfach.
	Albert Küsel.	Parey a./E.	Gutsbesitzer. †	„	21	1	2½	Philologie.
	Paul Nitsche.	Rathenow.	Fabrikbesitzer.	„	21½	9	3	Medicin.
Ostern 1874.	Paul Bott.	Brandenb.	Klempnermstr.	„	19	10	2½	Mathematik.
	Otto Schmidt.	Parchau bei Burg	Gutsbesitzer.	„	23	3½	2½	Postfach.
	Hugo Schmiedecke.	Kyritz.	Oecon.-Commissar.	„	20	12	2	Medicin.
	Otto Kober.	Stettin.	Hauptsteueramts-Rendant.	„	21	8½	2	Baufach.

C. Ausserdem sind im Laufe des Schuljahres abgegangen:

Auf andere Schulen: aus Ib. Raebel, ohne von seinen Lehrern Abschied zu nehmen, aus IIb. v. Blumenthal, aus IIIa. Wiesike, Schildt I. und II., aus IIIb. Klaeber, aus IV. Brachvogel, Schollmeyer I. und II., aus V. Wernicke, Reesch (entfernt), Kuhlmey, aus VI. Hampke, Gebhardt, v. Schimmelfennig I. und II.

Zu bürgerlichen Berufsarten: aus Ia. Wesselbaum, aus Ib. Haedicke (entfernt), aus IIa. Schwartz (entfernt), Träger, Meinicke, aus IIb. Wahnschaffe, Lucke, Koch, Thurm, König, Lietzmann, Riemschneider, Müller, Ahlert, aus IIIa. Spreetz, Lang-Heinrich, aus IIIb. Diedrich, aus V. Mangeot, aus VI. Naumann.

IV. Vermehrung der Bibliothek und des Lehrapparats.

A. Der Lehrerbibliothek.

Geschenke der vorgesetzten Staatsbehörden: A. F. Riedel, Geschichte des preuss. Königshauses. Berlin 1861. A. F. Riedel, Zehn Jahre aus der Geschichte der Ahnherren des preuss. Königshauses, Berlin 1851. R. G. Stillfried, zum urkundlichen Beweise über die Abstammung des preuss. Königshauses von den Grafen von Hohenzollern. Verhandlungen der dritten Conferenz der Gymnasial- und Realschul-Direktoren Schlesiens. Breslau 1873. Geschenke des Herrn Kreisgerichts-Direktors Schollmeyer in Heiligenstadt: Magazin für die Litteratur des Auslandes v. Lehmann, 9 Bände 1856—63. Stenographische Berichte über die Verhandlungen der beiden Häuser des Landtags, VII. Legislaturperiode, 1. u. 2. Session. Durch Ankauf: Eckstein, Nomenclator philologorum. Bentley, Abhandlungen über die Briefe des Phalaris ed. Ribbeck. Brambach, die Neugestaltung der lat. Orthographie. Brambach, metrische Studien zu Sophokles. Brambach, rythmische und metrische Untersuchungen. Buchholtz, die Tanzkunst des Euripides. Corssen, Aussprache, Vocalismus und Betonung der lat. Sprache I. und II. Corssen, kritische Beiträge zur lat. Formenlehre. Corssen, kritische Nachträge zur lat. Formenlehre. Christ, Grundzüge der griechischen Lautlehre. Gomperz, Herkulanische Studien, Heft I. u. II. Herzog, Bildungsgeschichte der griech. u. lat. Sprache. La Roche, Charakteristik des Polybius. Rossbach u. Westphal, Metrik der Griechen, Bd. I. u. II. Teuffel, Geschichte der röm. Litteratur. Kuhn, städtische und bürgerliche Verfassung des röm. Reichs, Bd. I. u. II. Mommsen, Heritologie. Mommsen, Athenae christianae. Plüss, Entwicklung der Centurienverfassung. Pott, Studien der griechischen Mythologie. Ross, Archaeologische Aufsätze I. II. Schaefer, Demosthenes und seine Zeit, 3 Bände. Schaefer, Abriss der Quellenkunde der griechischen Geschichte. Scharpes Geschichte Aegyptens, deutsch von Jolowicz, 2 Bände. Rüdiger, Untersuchungen der römischen Kaisergeschichte, 3 Bände. Dommerich, Lehrbuch der vergleichenden Erdkunde. I. II. Merleker, Kosmogeographie. Bursian, Geographie von Griechenland. I. II. 1. 2. 3. Demosthenes ed. Sauppe. I. 1. Demosthenes contra Aeschinem ed. Voemel. Demosthenes adv. Leptinem ed. Voemel. Lysias et Aeschines ed. Bremi. Aristophanis fabulae ed. Dindorf. Aristophanes Acharn. ed. Ribbeck. Aristophanes Equites ed. Velsen. Sophocles ed. Dindorf 2 Vol. Sophokles König Oedipus ed. Ritter. Poetae scenici ed. Dindorf. Hymni homerici ed Baumeister. Hymnus Cereris ed. Büchler. Dirksen Schriften, 2 Bände. Friedländer, Lobecks Briefwechsel. Ranke, August Meineke, ein Lebensbild. Struve, Opuscula 2 Vol. Symbola philologorum Bonnens. in honorem Ritschelii. Historia romana ed. Peter. Cornelius Nepos ed. C. Halm. Sallustius ed. Dietsch, 2 Vol. Leges XII. tabularum ed. Schoell. Ovidius ex Ponto ed. Korn. Aeschines ed. Schulz. Horatius ed. Keller und Holder, 2 Bände. Horatius Satiren ed. Doederlein. Lucretius ed. Forbiger. Plinii Epistolae ed. Keil. Quintilianus ed. Hahn, 2 Bände. Frontonis opera ed. Naba. Poetarum latinorum vitae et carminum reliquiae ed. Aug. Weichert. Schmidt, Encyclopaedie, Heft 85—96. Rheinisches Museum, neue Folge, 28. Band, 4. Heft. Kammer, Einheit der Odyssee. Holtzmann, germanische Alterthümer. Madvig, M. Tullii Ciceronis de finibus bon. et mal. libri V. ed. altera.

B. Der mathematischen Bibliothek.

Crelles Journal. Poggendorffs Annalen. Hirzel und Gretschel, Jahrbuch der Erfindungen. Lazarus und Steinthal, Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft. Gauss, gesammelte Werke. Klein, Allgemeine Himmelskunde. Huggins, Ergebnisse der Spektralanalyse.

C. Des physikalischen Kabinets und der naturwissenschaftlichen Sammlungen.

Chemikalien und Handwerkszeug. Ein Herbarium einheimischer Pflanzen. Verschiedene Mineralien.

D. Der Schülerbibliothek.

Tyndall, in den Alpen. Anger, populäre Vorträge über Astronomie; Länder und Leute. Kletke, Skizzenbuch. Hartwig, Leben des Meeres. Kletke, historische Bilder. Hartmann, Obawangostrom. Ebeling, Strassburg. Keller, Fürst Blücher. Schrader, Friedrich der Grosse und der siebenjährige Krieg. Kühn, Chlodwig; Burggraf von Nürnberg. F. Schmidt, Riesen und Zwerge; Virgils Aeneide. H. Schmidt, Page des Prinzen; zu Wasser und zu Lande. Schneider, Italien. Masius, der Jugend Lust und Lehre, Band 9. Körner, Geschichten aus der Geschichte. Gossel, Blücher und seine Zeit. Mignet, Benjamin Franklin. Paulig, Freiheitskriege. Düntzer, Erläuterungen: Schillers Tell, Wallenstein, Don Karlos, Maria Stuart, Braut von Messina, Göthes Hermann und Dorothea. v. Schack, Poesie und Kunst der Araber. Mücke, Kaiser Konrad II. und Heinrich III. Hoffmann, mathemat. Geographie. Stoll, Erzählungen aus der Geschichte. Kayser, Physik des Meeres. v. Falkenstein, ein Lorbeerhain. Bär, der vorgeschichtliche Mensch. Martins, Von Spitzbergen zur Sahara. Freytag, Ingo Ingraban; Nest der Zaunkönige. Heinemann, fremde Zonen. Schottmüller, Luther. Wagler, Freiheitskriege. Osterwald, Aeschylos - Erzählungen. Deutsch-franz. Krieg, herausgegeben vom Generalstab. Ebers, eine aegyptische Königstochter. Hellmuth, Schlacht von Vionville. Firdusi, Heldensagen. Dunker, Geschichte des Alterthums. Fortsetzung von Eberty, Geschichte des siebenjährigen Krieges, und v. Kosel, Geschichte des preussischen Staates.

V. Stiftungen.

Aus dem Lemckeschen Fond haben Bücher erhalten: I. Kober, Simon II. IIa. Ulrich. IIb. Rohrschneider, Mehlhaus. IIIa. Witte, Flittner. IIIb. Schröder, Lüthke. IV. Kabelitz, Döring. V. Lietzmann, Friedrich.

Aus der Brautstiftung erhielten Büchergeschenke: Der Unter-Sekundaner te Bart und der Sextaner Matschie.

Aus dem Weissschen Legate sind Prämienbücher vertheilt worden an die Primaner Schmidt und Ulrich, die Sekundaner Bodenstein und Schäfer.

VI. Chronik.

Mit Beginn des Sommersemesters traten in das Collegium für die Dauer des Schuljahres neu ein: Herr Candidat Treutmann*) als wissenschaftlicher Hülfslehrer und Herr Dr. Zillgenz**) als Probeamts-Candidat.

Im Anschluss an die Sommerferien war der unterzeichnete Direktor behufs Wiederherstellung seiner Gesundheit auf zwei Wochen beurlaubt. In seinen Lektionen und in der Verwaltung der Direktoratsgeschäfte vertrat ihn mit gewohnter freundschaftlicher Bereitwilligkeit Herr Prorektor Nagel.

Am 30. August fand die mündliche Abiturientenprüfung unter Vorsitz des Königl. Provinzial-Schulrathes Herrn Dr. Klix statt. Die drei vorhandenen Examinanden erhielten das Zeugniss der Reife.

Zur Feier des 2. September betheiligten sich Lehrer und Schüler an dem öffentlichen Gottesdienst in der St. Katharinenkirche und unternahmen am Nachmittag einen gemeinsamen Spaziergang in den städtischen Wald. Leider machte ein heraufziehendes Gewitter der Festfreude ein unwillkommenenes Ende.

Am 7. September begieng das Gymnasium die Feier des heiligen Abendmahls.

Mit dem 1. Januar 1874 sind die Bestimmungen des Normaletats vom 20. April 1872 für alle Lehrerstellen durchgeführt worden, nachdem bereits seit dem 1. April 1873 die aus der Erhöhung des Schulgeldes erzielten Ueberschüsse zur annähernden Erreichung desselben verwendet worden waren. Die Gehaltsbezüge betragen demnach für den Direktor 1600, für die Oberlehrer 1500, 1400, 1300, 1200, für die ordentlichen Lehrer 1050, 900, 800, 700, 600 Thlr. Hierzu kommt zur Zeit eine wissenschaftliche Hülfslehrerstelle mit 500, die Stelle des Cantors und Musikdirektors mit (zusammen) 658 und die des Elementar- und Turnlehrers mit 475 Thlr. Besoldung. Mit vier Stellen ist Amtswohnung verbunden. Das Gymnasium bleibt den städtischen Behörden, welche trotz vieler und dringender Anforderungen an die Geldmittel der Stadt in weiser Fürsorge für das Gedeihen des höheren Unterrichtswesens die Einführung des Normaletats ermöglichten, zu dauerndem Danke verpflichtet.

Am 21. März hielt Herr Provinzial-Schulrath Dr. Klix die mündliche Maturitätsprüfung ab. Allen Geprüften wurde das Zeugniss der Reife zugesprochen.

Am Geburtstage Sr. Majestät des Kaisers nahm das Gymnasium bei dem zeitweiligen Mangel eines eigenen Versammlungsraumes an der öffentlichen Feier in der St. Katharinenkirche Theil.

---

*) Max Rudolf Treutmann, geb. zu Cosel in Ober-Schlesien am 22. Mai 1840, erhielt seine wissenschaftliche Vorbildung auf dem Gymnasium zu Ratibor und studierte von 1860—1863 in Breslau u. Halle Theologie. Nachdem er mehrere Jahre als Hauslehrer thätig gewesen und für längere Zeit durch Krankheit an der Fortsetzung seiner Studien gehindert war, absolvierte er die Prüfung pro facultate docendi im Sommer 1873.

**) Dr. Johann Gerhard Zillgenz, geb. zu Kleinwerhagen in der Rheinprovinz am 6. September 1838, besuchte das Gymnasium zu Würzburg und widmete sich auf den Universitäten Würzburg und Bonn dem Studium der Philosophie und kath. Theologie. Auf Grund seiner Schrift „Aristoteles und das deutsche Drama“ am 12. März 1864 zum Doctor der Philosophie promoviert, wurde er Mitglied des Priesterseminars zu Köln und war später als Lehrer am Priesterseminar in Posen thätig. Am 31. Oktober 1871 trat er zur evangelischen Confession über, studierte in Halle Philologie und bestand am 22. Februar 1873 die Prüfung pro facultate docendi.

Zur Nachricht.

Das Sommersemester beginnt Montag, den 13. April, Morgens 9 Uhr. Zur Aufnahme ev. Prüfung neuer Schüler werde ich Sonnabend, den 11. April, von Morgens 9 Uhr ab im Conferenzzimmer des Gymnasiums anwesend sein. Sämmtliche Neuaufzunehmende haben einen Impfschein und, sofern sie das zwölfte Lebensjahr bereits überschritten haben, einen Revaccinationsschein, die von andern Schulen kommenden auch ein Schulzeugniss vorzulegen.

Es wird schliesslich daran erinnert, dass auswärtige Schüler zur Wahl der Wohnung und Beaufsichtigung der vorher einzuholenden Genehmigung des Direktors bedürfen.

Dr. A. Imhof,
Direktor.