

# ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Organ des Deutschen Geometervereins

Herausgegeben von

**C. Steppes,**

und

**Dr. O. Eggert,**

Regierungs- u. Obersteuerrat a. D.  
München O. 8, Weissenburgstr. 9/2.

Professor a. d. Kgl. Techn. Hochschule  
Danzig-Langfuhr, Hermannshöfer Weg 6.

---

Heft 18.

---

1913.

21. Juni.

Band XLII.

---

Der Abdruck von Original-Artikeln ohne vorher eingeholte Erlaubnis der Schriftleitung ist untersagt.

---

## Zum 70. Geburtstag.

Am 24. d. M. vollendet Herr Regierungs- und Obersteuerrat a. D. C. Steppes sein 70. Lebensjahr.

Ein Mitbegründer des „Deutschen Geometervereins“ im Jahre 1871, gehört er seinem Vorstande mehr als die Hälfte dieses langen Lebens, seit 36 Jahren, an.

Was er darin für den Deutschen Geometerverein, was er in stetiger, nie rastender Tätigkeit für die Interessen aller deutschen Fachgenossen getan und geleistet, was er sorgsam wägend und wägend dem Stande zu erstreiten bemüht war, davon sprechen ungezählte Blätter der 42 Bände der „Zeitschrift für Vermessungswesen“, deren langjähriger verdienstvoller Mitleiter er ist, ihre eigene und beredte Sprache.

Viele wackere und treue Männer, bedeutende Mitarbeiter hat das Geburtstagskind neben sich kommen und gehen sehen. Nimmermüde steht unser Steppes heute noch in seinem Vorstandsamte, das ihn so lange erfüllt, das ihm Lebensbedürfnis und ein bedeutsamer Lebensinhalt geworden ist. Seinem Steppes bringt der Deutsche Geometerverein zum kommenden seltenen Gedenktage einer so langen und ereignisreichen Reihe von Lebens- und Arbeitsjahren die besten Glückwünsche dar; zugleich mit dem Ausdrucke des Dankes für das Geleistete gibt er der Hoffnung Raum, dass es Herrn Steppes vergönnt sein möge, der ihm liebgewordenen Tätigkeit für das Wohl der Fachgenossen sich weiterhin in Frische und Gesundheit noch recht lange widmen zu können.

Namens des Deutschen Geometervereins:

**Der Vorstand.**

*Lotz. Dr. Eggert. A. Hüser.*

## Theorie und Anwendung der Drehwage von Eötvös.

Im Jahre 1896 wurde von Baron Eötvös, Professor in Budapest, auf Grund achtjähriger Versuche der Nachweis geführt, dass man mit Hilfe der Drehwage den Verlauf der Schwerkraft an der Erdoberfläche angeben kann, woraus sich wichtige Schlüsse auf die Krümmung der Geoidfläche ziehen lassen. Da die Messungen mit diesem Instrument bequem ausführbar und grosser Genauigkeit fähig sind, so ist hiermit ein wertvolles Hilfsmittel zum Studium des Geoids auf kleinem Gebiet gegeben.

Nachdem Eötvös in den letzten Jahren verschiedene erfolgreiche Messungen ausgeführt hat, möge im nachstehenden die Theorie der Drehwagenmessung sowie die geodätische Verwendung der Messungsergebnisse in einfacher Form dargestellt werden.

Von Eötvös sind hierüber die folgenden Mitteilungen veröffentlicht worden:

Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus. „Ann. d. Physik u. Chemie“, Bd. 59, 1896, S. 354—400.

Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveaulächen mit Hilfe der Drehwage. „Verh. d. 15. Konf. d. Int. Erdm.“, 1. Teil, 1908, S. 337—395.

Bericht über geodätische Arbeiten in Ungarn, besonders über Beobachtungen mit der Drehwage. „Verh. d. 16. Konf. d. Int. Erdm.“, 1. Teil, 1910, S. 319—350.

Ferner ist zu nennen:

J. B. Messerschmitt, Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche. Braunschweig 1908. S. 142—144.

J. B. Messerschmitt, Eine neue Methode zur Bestimmung der Krümmungsverhältnisse des Geoids. „Zeitschr. f. Verm. 1909“, S. 543—548.

F. R. Helmert, Die Schwerkraft und die Massenverteilung der Erde. „Enzykl. d. math. Wiss.“, Bd. VI, 1, S. 166—172.

Der Grundgedanke des Messungsverfahrens ist der folgende. Ein an seinen beiden Enden durch zwei gleiche Gewichte  $P_1$  und  $P_2$  belasteter Stab ist, wie Fig. 1 zeigt, in seinem Schwerpunkt  $O$  mittelst eines dünnen Drahtes  $AO$  aufgehängt, so dass die Achse des Drahtes mit der durch  $O$  gehenden Lotrichtung zusammenfällt. Infolge der Krümmung der Niveaulächen sind die Lotrichtungen in  $P_1$  und  $P_2$  nicht mehr genau parallel zu  $AO$ . Zerlegen wir demnach die auf  $P_1$  wirkende Schwerkraft in drei Komponenten, die parallel zu  $AO$  und  $OP_1$  sowie senkrecht zu diesen beiden Richtungen liegen, so wird die letztgenannte, sehr kleine Komponente eine Drehung von  $P_1$  um  $AO$  anstreben. Eine entsprechende Komponente wirkt auf  $P_2$ , und wenn diese beiden Komponenten einander gleich sind, so wird die Gleichgewichtslage nicht gestört. Infolge der Unregel-

mässigkeiten der Massenverteilung in der Nähe der Drehwage zeigt sich aber ein geringer Unterschied der beiden Komponenten, durch den dann eine geringe Drehung der Wage erfolgt. Da der Torsionswiderstand des Aufhänge drahtes der Drehung entgegenwirkt, so hört die letztere auf, sobald Torsion und Schwerkraft im Gleichgewicht sind. Ist der Torsionswiderstand bekannt, so kann man aus der Grösse des Drehungswinkels auf die Schwerkraft schliessen.

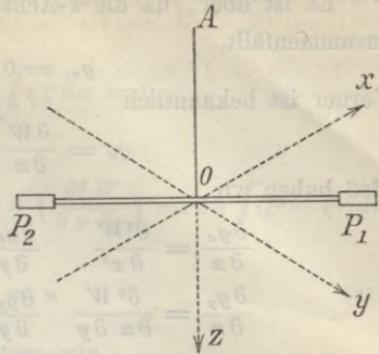


Fig. 1.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen wollen wir die mathematische Theorie der Drehwage behandeln. Hierzu führen wir ein räumliches rechtwinkliges Koordinatensystem ein, dessen Nullpunkt in  $O$  liegt und dessen  $z$ -Achse in der Lotlinie von  $O$  abwärts gerichtet ist, während die  $x$ - und  $y$ -Achse in der hierzu senkrechten Ebene liegen. Die Stabachse  $P_1P_2$  soll hierbei mit der  $x$ -Achse einen beliebigen Winkel  $\alpha$  bilden.

Ein Massenteilchen  $dm$  des Stabes oder eines der beiden Gewichte habe die Koordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$ . Die auf  $dm$  wirkende Schwerkraft können wir ersetzen durch drei auf den Punkt  $O$  in der Richtung der drei Koordinatenachsen wirkende Kraftkomponenten und durch drei in den Koordinatenebenen liegende Kräftepaare. Die ersteren interessieren uns hier nicht, und von den letzteren kommt für die Torsion nur das in der  $x y$ -Ebene liegende Kräftepaar in Frage, das eine Drehung von  $dm$  um die  $z$ -Achse verursacht. Bezeichnen wir die Komponenten der Schwerkraft in der Richtung der  $x$ - und der  $y$ -Achse mit  $g_x$  und  $g_y$ , so ist das Moment des genannten Kräftepaares

$$df = (x g_y - y g_x) dm,$$

und wenn wir diese Betrachtung auf alle Massenelemente der Drehwage ausdehnen, so ist das gesamte Drehmoment der Wage

$$F = \int (x g_y - y g_x) dm. \quad (1)$$

Da alle Massenelemente nur einen geringen Abstand vom Nullpunkt  $O$  haben, so kann innerhalb dieses kleinen Bereiches eine gleichmässige Aenderung der Schwerkraft angenommen werden; wir haben deshalb, wenn  $g_{x_0}$  und  $g_{y_0}$  die Schwerkraftkomponenten in  $O$  sind, für einen beliebigen Punkt der Wage mit den Koordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$

$$\left. \begin{aligned} g_x &= g_{x_0} + \left(\frac{\partial g_x}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial g_x}{\partial y}\right)_0 y + \left(\frac{\partial g_x}{\partial z}\right)_0 z + \dots \\ g_y &= g_{y_0} + \left(\frac{\partial g_y}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial g_y}{\partial y}\right)_0 y + \left(\frac{\partial g_y}{\partial z}\right)_0 z + \dots \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Es ist aber, da die  $z$ -Achse mit der Richtung der Schwerkraft in  $O$  zusammenfällt,

$$g_{x_0} = 0 \quad \text{und} \quad g_{y_0} = 0. \quad (3)$$

Ferner ist bekanntlich

$$g_x = \frac{\partial W}{\partial x} \quad \text{und} \quad g_y = \frac{\partial W}{\partial y}, \quad (3a)$$

also haben wir

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial g_x}{\partial x} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} & \frac{\partial g_x}{\partial y} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} & \frac{\partial g_x}{\partial z} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial g_y}{\partial x} &= \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} & \frac{\partial g_y}{\partial y} &= \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} & \frac{\partial g_y}{\partial z} &= \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Setzen wir (3) und (4) in (2) ein, so erhalten wir

$$\left. \begin{aligned} g_x &= \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 x + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 y + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 z + \dots \\ g_y &= \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 x + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)_0 y + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 z + \dots \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

und die Gleichung (1) geht dann über in

$$\left. \begin{aligned} F &= \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \int x y \, dm + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \int (x^2 - y^2) \, dm \\ &+ \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 \int x z \, dm - \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 \int y z \, dm, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

wobei die Integrationen auf die ganze Masse der Wage auszudehnen sind.

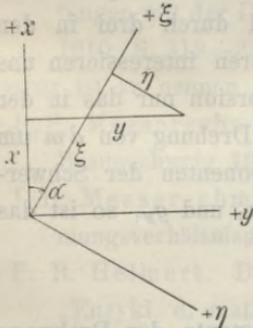


Fig. 2.

Wir führen nun ein neues Koordinatensystem  $\xi, \eta, \zeta$  ein, das mit der Wage starr verbunden ist. Die  $\zeta$ -Achse soll mit der  $z$ -Achse zusammenfallen, während die  $\xi$ -Achse in der Achse  $OP_1$  des Stabes liegt. Es ist dann für jedes Massenelement nach Fig. 2

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos \alpha - \eta \sin \alpha \\ y &= \xi \sin \alpha - \eta \cos \alpha \end{aligned}$$

und durch Einsetzen dieser Werte in (6) erhalten wir

$$\begin{aligned} F &= \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \frac{1}{2} \sin 2\alpha \int (\xi^2 - \eta^2) \, dm + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \cos 2\alpha \int \xi \eta \, dm \\ &+ \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha \int (\xi^2 - \eta^2) \, dm - \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 2 \sin 2\alpha \int \xi \eta \, dm \\ &+ \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 \cos \alpha \int \xi \zeta \, dm - \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 \sin \alpha \int \eta \zeta \, dm \\ &- \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 \sin \alpha \int \xi \zeta \, dm - \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 \cos \alpha \int \eta \zeta \, dm. \end{aligned} \quad (7)$$

Wenn wir voraussetzen, dass die Wage genau symmetrisch konstruiert ist, so muss

$$\int \xi \eta \, dm = 0$$

sein, da zu jedem Wert von  $\xi$  gleich grosse positive und negative Werte von  $\eta$  gehören. Ebenso ist auch

$$\int \xi \xi \, dm = 0 \quad \text{und} \quad \int \eta \xi \, dm = 0$$

und es wird dann

$$F = \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \frac{1}{2} \sin 2\alpha \int (\xi^2 - \eta^2) \, dm + \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha \int (\xi^2 - \eta^2) \, dm. \quad (8)$$

Bekanntlich ist

$$\int (\xi^2 + \eta^2) \, dm = \kappa \quad (9)$$

das Trägheitsmoment der Drehwage. Setzen wir

$$\int (\xi^2 - \eta^2) \, dm = \kappa' \quad \text{und} \quad \kappa' = \kappa (1 - \varepsilon), \quad (10)$$

so wird, wenn  $\eta$  überall sehr klein bleibt, also auch die Gewichte entsprechend konstruiert sind, die Grösse  $\varepsilon$  ebenfalls klein sein, so dass wir genähert

$$\kappa' = \kappa + \dots \quad (11)$$

setzen können. Es ist dann

$$F = \frac{1}{2} \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2\alpha + \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha. \quad (12)$$

Ist die Wage durch die Schwerkraft aus der Ruhelage um den Winkel  $\Theta$  herausgedreht worden, so entsteht durch die Torsionskraft ebenfalls ein Drehmoment, das durch  $\tau \Theta$  ausgedrückt werden kann, wo  $\tau$  eine von der Länge und Dicke, sowie von der Elastizität des Aufhängedrahtes abhängige Torsionskonstante ist. Halten sich beide Kräfte das Gleichgewicht, so ist

$$F = \tau \Theta,$$

infolgedessen erhalten wir

$$\Theta = \frac{\kappa}{2\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2\alpha + \frac{\kappa}{\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha. \quad (13)$$

Für die praktische Ausführung der Messung muss die Tragvorrichtung, an der der Aufhängedraht befestigt ist, mit einem feststehenden Horizontalkreise versehen sein, um dessen Mitte die Tragvorrichtung gedreht werden kann. Der Ableserzeiger des Kreises gibt dann die Richtung der Stabachse gegen eine beliebige gewählte Ausgangsrichtung, also den Winkel  $\alpha$  an. Ausserdem muss an der Tragvorrichtung ein Hilfsmittel vorgesehen sein, durch das der Winkel  $\Theta$  zwischen der jeweiligen Lage der Stabachse und seiner von Torsion freien Lage gemessen werden könnte. Da aber letztere nicht bekannt ist, so wird ein Winkel  $\vartheta$  abgelesen, der von  $\Theta$  um einen konstanten Betrag  $\vartheta_0$  abweicht, so dass  $\Theta = \vartheta - \vartheta_0$  ist. Liest man bei einer beliebigen Richtung  $\alpha$  des Instruments den Winkel  $\vartheta$  ab, und sind die Konstanten  $\kappa$  und  $\tau$  des Instruments bekannt, so ergibt sich nach (13) eine Gleichung

$$\vartheta = \vartheta_0 + \frac{\kappa}{2\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2\alpha + \frac{\kappa}{\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha, \quad (14)$$

in der die drei Unbekannten

$$\vartheta_0, \quad \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \quad \text{und} \quad \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0$$

auftreten. Wiederholt man die Ableseung für zwei andere Einstellungen  $\alpha'$  und  $\alpha''$ , so erhält man insgesamt drei Gleichungen zur Berechnung der Unbekannten.

### Zweite Form der Drehwaage.

Von Eötvös wird noch eine andere Konstruktion der Drehwaage benutzt, durch die sich noch weitere von der Schwerkraft abhängige Größen bestimmen lassen. Hierbei wird eines der beiden Gewichte nach Andeutung in Fig. 3 im Abstände  $h$  unterhalb der Stabachse aufgehängt. Auch für diese Konstruktion gilt die allgemeine Gleichung (7), die sich wieder dadurch vereinfacht, dass

$$\int \xi \eta \, dm = 0 \quad \text{und} \quad \int \eta \zeta \, dm = 0$$

wird. Dagegen ist das dritte Integral  $\int \xi \zeta \, dm$  besonders zu behandeln. Denken wir uns das Gewicht  $P_1$  in Fig. 3 um die Strecke  $h$  aufwärts geschoben, und bezeichnen wir die Koordinaten eines Massenelements des oberen Gewichts mit  $\xi, \eta, \zeta'$  und die des entsprechenden Elements des unteren Gewichts mit  $\xi, \eta, \zeta$ , so ist

$$\zeta = \zeta' + h,$$

und wir erhalten

$$\int \xi \zeta \, dm = \int \xi \zeta' \, dm + h \int \xi \, dm.$$

Es ist aber

$$\int \xi \zeta' \, dm = 0 \quad \text{und} \quad \int \xi \, dm = lM,$$

worin  $M$  die Masse des Gewichts  $P_1$  bezeichnet, infolgedessen haben wir

$$\int \xi \zeta \, dm = h l M. \quad (15)$$

Hiermit können wir die Gleichung (7) auch für die zweite Form des Instruments vereinfachen und erhalten schliesslich

$$\vartheta = \vartheta_0 + \frac{\kappa}{2\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2\alpha + \frac{\kappa}{\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2\alpha \left. \begin{array}{l} \\ \\ - \frac{M h l}{\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 \sin \alpha + \frac{M h l}{\tau} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 \cos \alpha. \end{array} \right\} \quad (16)$$

In dieser Gleichung treten, falls die Konstanten des Instruments  $\alpha$ ,  $\tau$ ,  $M$ ,  $h$  und  $l$  gegeben sind, die Grössen

$$\vartheta_0, \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0, \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0, \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 \text{ und } \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0$$

als Unbekannte auf, weshalb für fünf verschiedene Richtungen  $\alpha$  die Ableitungen  $\vartheta$  zu ermitteln sind, wenn man die Werte der Unbekannten in dem Beobachtungspunkt bestimmen will.

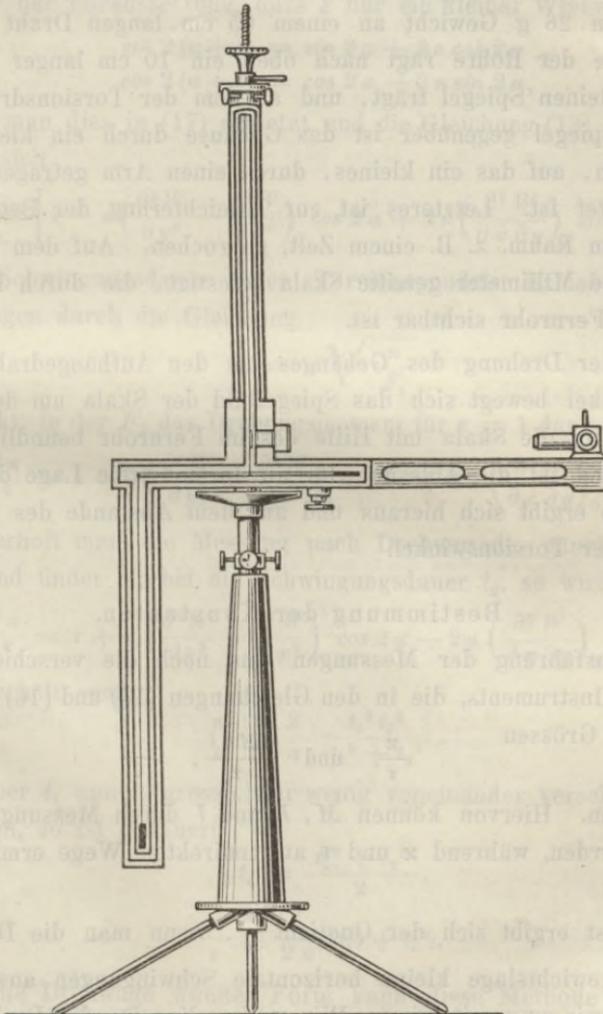


Fig. 4.

In Fig. 4 ist eine Drehwage zweiter Form teils in der Ansicht, teils in Vertikalschnitt abgebildet. Auf einem Dreifuss erhebt sich eine Säule, auf deren oben herausragenden Zapfen das Instrument aufgesetzt und mittelst Stellschrauben lotrecht gestellt werden kann. Den untersten Teil des Instruments bildet ein in Dritteln geteilter Horizontalkreis, um

dessen Achse die Drehwage sich drehen lässt. Das Gehäuse der letzteren besteht zum Schutz gegen äussere Einflüsse aus doppelwandigen und teilweise aus dreiwandigen Messingröhren. Der zur Aufhängung dienende Platindraht hat eine Länge von 65 cm und eine Dicke von 0,04 mm und ist vermittelt kleiner Messingplättchen am Kopf des Gehäuses und an der Stange befestigt. Letztere ist eine dünnwandige Messingröhre von 40 cm Länge und 0,5 cm Durchmesser, in die an einem Ende ein Platinzylinder von 30 g Gewicht eingeschoben ist, während am andern Ende ein gleicher Zylinder von 26 g Gewicht an einem 65 cm langen Draht herabhängt. In der Mitte der Röhre ragt nach oben ein 10 cm langer Stab heraus, der einen kleinen Spiegel trägt, und an dem der Torsionsdraht befestigt ist. Dem Spiegel gegenüber ist das Gehäuse durch ein kleines Fenster unterbrochen, auf das ein kleines, durch einen Arm getragenes Zielfernrohr gerichtet ist. Letzteres ist zur Erleichterung der Beobachtung in beschränktem Raum, z. B. einem Zelt, gebrochen. Auf dem Fernrohr ist eine in halbe Millimeter geteilte Skala befestigt, die durch Reflexion am Spiegel im Fernrohr sichtbar ist.

Bei einer Drehung des Gehäuses um den Aufhängedraht um einen kleinen Winkel bewegt sich das Spiegelbild der Skala um den doppelten Winkel. Wird die Skala mit Hilfe des im Fernrohr befindlichen Fadens abgelesen und ist die Ablesung für die torsionsfreie Lage des Gehäuses bekannt, so ergibt sich hieraus und aus dem Abstände des Spiegels von der Skala der Torsionswinkel.

#### Bestimmung der Konstanten.

Vor Ausführung der Messungen sind noch die verschiedenen Konstanten des Instruments, die in den Gleichungen (14) und (16) vorkommen, nämlich die Grössen

$$\frac{\alpha}{\tau} \quad \text{und} \quad \frac{M h l}{\tau},$$

zu bestimmen. Hiervon können  $M$ ,  $h$  und  $l$  durch Messung unmittelbar gefunden werden, während  $\alpha$  und  $\tau$  auf indirektem Wege ermittelt werden müssen.

Zunächst ergibt sich der Quotient  $\frac{\alpha}{\tau}$ , wenn man die Drehwage um ihre Gleichgewichtslage kleine horizontale Schwingungen ausführen lässt und die Schwingungszeit misst. Wir wollen dies für die Drehwage erster Form (Fig. 1) zeigen.

Ist die Wage für den Torsionswinkel  $\theta$  im Gleichgewicht und wird sie aus dieser Lage um den Winkel  $\varepsilon$  herausgedreht, so entsteht nach Gl. (13), in der jetzt  $\alpha$  durch  $\alpha + \varepsilon$  zu ersetzen ist, das Drehmoment

$$\frac{\alpha}{2} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2(\alpha + \varepsilon) + \alpha \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2(\alpha + \varepsilon).$$

Andererseits ergibt sich durch die Torsion ein entgegengerichtetes Drehmoment

$$\tau (\Theta + \varepsilon),$$

infolgedessen ist das gesamte Drehmoment

$$F = +\tau (\Theta + \varepsilon) - \frac{\kappa}{2} \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \sin 2(\alpha + \varepsilon) - \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \cos 2(\alpha + \varepsilon). \quad (17)$$

Unter der Voraussetzung, dass  $\varepsilon$  nur ein kleiner Winkel ist, hat man

$$\sin 2(\alpha + \varepsilon) = \sin 2\alpha + 2\varepsilon \cos 2\alpha$$

$$\cos 2(\alpha + \varepsilon) = \cos 2\alpha - 2\varepsilon \sin 2\alpha,$$

und wenn man dies in (17) einsetzt und die Gleichung (13) berücksichtigt, so ergibt sich

$$F = \left[ \tau - \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \cos 2\alpha + 2\kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \sin 2\alpha \right] \varepsilon.$$

Die Schwingungsdauer eines Torsionspendels ist aber für kleine Schwingungen durch die Gleichung

$$t = \pi \sqrt{\frac{\kappa}{F_1}}$$

ausgedrückt, in der  $F_1$  das Drehmoment für  $\varepsilon = 1$  darstellt. Mithin ist

$$\frac{\pi^2 \kappa}{t_1^2} = \tau - \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \cos 2\alpha + 2\kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \sin 2\alpha.$$

Wiederholt man die Messung nach Drehung des ganzen Instruments um  $90^\circ$  und findet hierbei die Schwingungsdauer  $t_2$ , so wird

$$\frac{\pi^2 \kappa}{t_2^2} = \tau + \kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 \cos 2\alpha - 2\kappa \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 \sin 2\alpha$$

und man erhält somit

$$\frac{\kappa}{\tau} = \frac{2}{\pi} \frac{t_1^2 t_2^2}{t_1^2 + t_2^2}.$$

Da aber  $t_1$  und  $t_2$  grosse, nur wenig voneinander verschiedene Zahlen sein werden, so ist genähert

$$t_1 t_2 = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2},$$

also wird

$$\frac{\kappa}{\tau} = \frac{1}{2\pi} (t_1^2 + t_2^2).$$

Für die Drehwage zweiter Form kann diese Methode ebenfalls benutzt werden, jedoch müssen im Drehmoment noch die beiden Glieder mit  $\sin \alpha$  und  $\cos \alpha$  berücksichtigt werden, weshalb man Schwingungsbeobachtungen in vier zueinander senkrechten Stellungen des Gehänges auszuführen hat. In der Regel genügen aber auch hierfür zwei Messungen wie bei dem Instrument erster Form.

Die Ermittlung der Torsionskonstanten  $\tau$  erfolgt mit Hilfe des Versuchs von Cavendish. Es wird zu diesem Zweck abwechselnd an der einen

und an der andern Seite der Drehwage in etwa 10 cm Abstand von dem Platinzylinder eine Bleikugel von rund 13 kg Gewicht aufgestellt, durch deren anziehende Wirkung die Drehwage ein wenig abgelenkt wird. Aus der Grösse der Ablenkung lässt sich bei bekannten Massen und Entfernungen die Konstante  $\tau$  berechnen.

Wir geben hier die Resultate einer Konstantenbestimmung an, die Eötvös in „Verh. der 15. allgem. Konf. der Intern. Erdm. 1906“, I. Teil, Berlin 1908, S. 345—346 mitteilt. Es wird hier gefunden

$$\frac{\%}{\tau} = 41\,896 \quad \tau = 0,5035,$$

und da für das untersuchte Instrument

$$M = 25,43 \text{ g} \quad h = 56,6 \text{ cm} \quad l = 20,0 \text{ cm}$$

war, so ergab sich  $\frac{Mhl}{\tau} = 57\,173$ .

Diese Werte der Konstanten sind in die Gleichung (16) einzusetzen. Für die praktische Anwendung empfiehlt es sich noch, statt der Winkel  $\vartheta$  und  $\vartheta_0$  die entsprechenden Skalenablesungen einzuführen. Ist  $n_0$  die unbekannte Skalenablesung bei ungedrilltem Draht;  $n$  die Skalenablesung für den Ablenkungswinkel  $\vartheta - \vartheta_0$  und  $D$  der Abstand der Skala vom Spiegel, so ist

$$\vartheta - \vartheta_0 = \frac{n_0 - n}{2D}.$$

Mit  $D = 1232$  mm und den obigen Konstanten geht dann Gl. (16) über in:

$$(18) \\ n_0 - n = +0,05162 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 10^9 \sin 2\alpha + 0,10323 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 10^9 \cos 2\alpha \\ - 0,14087 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 10^9 \sin \alpha + 0,14087 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 10^9 \cos \alpha.$$

Diese Gleichung kann der Berechnung der Beobachtungen zugrunde gelegt werden.

#### Beispiel einer Messung mit der Drehwage.

Zur Bestimmung der vier Unbekannten

$$\left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0, \quad \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0, \quad \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0, \quad \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0,$$

zu denen noch die Unbekannte  $n_0$  hinzukommt, sind fünf Beobachtungen in verschiedenen Azimuten  $\alpha$  erforderlich, aus denen sich fünf Gleichungen von der Form der Gl. (18) ergeben. Werden die Beobachtungen in den Azimuten  $0^\circ$ ,  $72^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $216^\circ$  und  $288^\circ$  ausgeführt, und die hierbei gefundenen Skalenablesungen mit  $n_1$ ,  $n_2 \dots n_5$  bezeichnet, so erhält man für die vier Unbekannten die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 &= + 4,5543 (n_5 - n_2) - 7,3691 (n_4 - n_3) \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 &= - 1,1972 (n_4 + n_3 - 2n_1) + 3,1342 (n_5 + n_2 - 2n_1) \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 &= - 2,7011 (n_5 - n_2) - 1,6694 (n_4 - n_3) \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 &= + 2,2976 (n_4 + n_3 - 2n_1) - 0,8776 (n_5 + n_2 - 2n_1). \end{aligned} \right\} (19)$$

Zur Einstellung des Instruments auf das Azimut  $\alpha = 0^\circ$  wurde ein an dem Gehäuse befestigter Kompass benutzt, während die weiteren Azimute dann mit dem Horizontalkreise eingestellt wurden.

Das folgende Beispiel entnehmen wir aus dem bereits oben erwähnten Bericht von Eötvös S. 348—349. Am 2. Dezember 1906 wurde in einem Zimmer des physikalischen Instituts gemessen:

$\alpha$	$0^\circ$	$72^\circ$	$144^\circ$	$216^\circ$	$288^\circ$
$n$	204,5	200,7	193,2	183,2	199,1

Durch Einsetzen dieser Werte in die Gleichungen (19) erhält man

$$\begin{aligned} 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_0 &= + 66,40 \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)_0 &= + 10,19 \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)_0 &= + 21,02 \\ 10^9 \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)_0 &= - 66,83. \end{aligned}$$

Die ganze Beobachtungsreihe dauerte von Mitte September 1906 bis Ende April 1907. Die täglichen Beobachtungen ergaben für die Unbekannten Werte, die nur selten um mehr als eine Einheit von der Ordnung  $10^{-9}$  von den Mittelwerten abwichen.

Bisher ist stillschweigends die Voraussetzung gemacht worden, dass die Messungen lediglich in ebenem Gelände stattfinden. In hügeligem Gelände sind die Messungsergebnisse noch von dem Einfluss der Geländeunregelmässigkeiten zu befreien, worauf hier indessen nicht weiter eingegangen werden soll.

Wir haben nun zu zeigen, wie die mit der Drehwage ermittelten Unbekannten zur Bestimmung der Erdgestalt verwertet werden können.

(Fortsetzung folgt.)

## Beitrag zur Bestimmung der Ablesegenauigkeit des Fennelschen Noniusmikroskopes.

Von der Firma Otto Fennel Söhne in Cassel wurde dem geodätischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt der (Kataster-) Theodolit Nr. 9746 mit Fennelschen Nonienmikroskopen zur Ansicht und Prüfung zugesandt. Dieses als Repetitionstheodolit gebaute Instrument besitzt einen in neuer Teilung geteilten Teilkreis von annähernd 13 cm Durchmesser, und da auf ihm  $1^\circ$  in 10 Teile zerlegt ist, so entspricht einem solchen Teile von  $10'$  die Strecke von nahezu 0,1 mm. Das Noniusmikroskop ist im wesentlichen wie das Skalenmikroskop eingerichtet und ist deshalb in der gleichen Weise wie dieses zu korrigieren; die Skala ist so eingerichtet, dass 9 Massstabteile gleich 10 Skalen (Nonien) teilen sind, also ist die Angabe des kurzen nachtragenden Nonius  $1'$ . Da aber einerseits die Massstabstriche in deutlich sichtbaren Spitzen endigen und andererseits die Nonienstriche etwas feiner als die Massstabstriche gesehen werden, so können die Abschätzungen noch bis auf etwa  $\frac{1}{3}'$  (ev.  $\frac{1}{4}'$ ) gemacht werden. Zur Beleuchtung des Massstabes ist an den Fennelschen Strich- und Skalenmikroskopen ein besonderer Beleuchtungsstutzen angegossen; an den neueren Mikroskopen ist am oberen Ende dieser Beleuchtungsröhre ein dreh- und klappbarer Beleuchtungsspiegel angebracht, um die Ablesestelle stets gut beleuchten zu können. Die gesamte Länge jedes der zwei am Theodolit angebrachten Nonienmikroskope beträgt etwa 6 cm, ihre Gesamtvergrößerung ist etwa 22 fach.

Auf der Alhidadenscheibe sind zwei sich rechtwinklig kreuzende Röhrenlibellen angeschraubt, auf die Kippachse des durchschlagbaren und umlegbaren Fernrohrs kann eine Reitlibelle aufgesetzt werden. Das lichtstarke Zielfernrohr besitzt etwa 17fache Vergrößerung, sein Fadenkreuz besteht aus zwei vertikalen Parallelfäden (die für Triangulierungszwecke etwas zu weit [260 $\equiv$ ] voneinander abstehen) und einem Horizontalfaden.

Zur Prüfung dieses berichtigten Theodolits wurden am 11. und 12. Juli 1912 um die Mittagszeit (sehr heiss, zum Teil flimmernde Bilder) auf dem Hauptpfeiler der Hochschule nach 7 meist einige Kilometer entfernten, nahezu im Horizont liegenden, deutlich sichtbaren Zielpunkten von 3 Beobachtern (Hohenner, Schaub, Wenner) in stets nahezu über den Kreis symmetrisch verteilten Lagen im ganzen 8 vollständige Richtungssätze und ausserdem durch je 10fache Repetition (5 mal in jeder Fernrohrlage) ein Winkel und sein Ergänzungswinkel in gleichartiger Weise (Drehung der beiden Kreise stets von links nach rechts, Führung der Kreise hierbei entweder an der Klemmschraube der Alhidadenfeinbewegung oder bei beiden Messungen unten an den zwei Fernrohrstützen) gemessen. Unter den gleichen äusseren Umständen wurde mit einem feinen Schraubenmikroskoptheodolit

der mittlere Zielfehler eines 36 mal vergrößernden Zielfernrohrs mit vertikalem Doppelfaden aus 320 Beobachtungen zu  $\pm 3 \frac{1}{4}''$  gefunden. Unter der hier sehr genähert zutreffenden Annahme, dass der Zielfehler proportional der reziproken Vergrößerung ist, folgt damit für das obige Zielfernrohr ein mittlerer Zielfehler von  $m_z = \pm \frac{117''}{17} = \pm 6,87''$ . Bei allen Ablesungen mit den zwei gut abgestimmten Nonienmikroskopen wurden noch  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}''$  geschätzt.

I. Es ergaben sich bei den Richtungsbeobachtungen die folgenden Zahlen:

Standpunkt P.

Ziel- punkt	1. Aus 2 vollständigen Sätzen (Beobachter H.) „Mittel d. Richtungen“	2. Aus 4 vollständigen Sätzen (Beobachter S.) „Mittel d. Richtungen“	3. Aus 2 vollständigen Sätzen (Beobachter W.) „Mittel d. Richtungen“
1	0°, 00 00	0°, 00 00	0°, 00 00
2	9, 00 08	9, 00 36	9, 00 35
3	17, 60 80	17, 61 03	17, 61 19
4	34, 94 56	34, 95 03	34, 94 84
5	92, 53 28	92, 53 36	92, 53 09
6	107, 52 40	107, 52 88	107, 52 65
7	184, 86 14	184, 86 90	184, 85 81

Aus den Abweichungen  $w$  der einzelnen Satzrichtungen von dem jeweiligen „Mittel der Richtungen“ ergeben sich in bekannter Weise (s. z. B. Hohenner, „Geodäsie“, S. 61) die Fehler  $v$  der einzelnen (durch 2 Fernrohrzielungen und durch 4 Kreisablesungen) beobachteten Satzrichtungen. Der mittlere Fehler einer einmal gemessenen Satzrichtung folgt dann aus:  

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{[n-1][s-1]}}$$
 wenn  $n$  = Anzahl der Richtungen,  $s$  = Anzahl der Sätze.

Es wurde gefunden:

$$m_1 = \pm 11,9''; \quad m_2 = \pm 16,5''; \quad m_3 = \pm 21,5''.$$

II. Bei den Repetitionsmessungen wurde gefunden:

1 a)	Durch 10fache Repetition d. Winkels 1. P. 2 durch H.: 9°, 00 37	Abgeglich. $\checkmark$ 9°, 00 20
" "	" " " " " " " 2. P. 1 " " 390, 99 98	
	also Summe 400, 00 35	
1 b)	" " " " " " " 1. P. 2 durch H.: 9°, 00 43	9°, 00 22
" "	" " " " " " " 2. P. 1 " " 390, 99 99	
	also Summe 400, 00 42	

In beiden Fällen Drehung der zwei Kreise stets im Uhrzeigerdreh Sinn, Führung der Kreise stets an der Alhidadenklemmschraube, Feineinstellung stets durch Hineinschrauben der Alhidaden- bzw. Limbusmikrometer-schraube.

2 a)	Durch 10 fache Repetition d. Winkels	1. P. 2 durch S.: 9°, 00 43	Abgeglich. $\sphericalangle$ 9°, 00 15
"	" " " " " "	2. P. 1 " " 390, 99 96	
		also Summe 400, 00 22	
2 b)	" " " " " "	1. P. 2 durch S.: 9°, 00 30	9°, 00 18
"	" " " " " "	2. P. 1 " " 390, 99 93	
		also Summe 400, 00 23	
Wie bei II. 1 a, 1 b.			
3 a)	Durch 10 fache Repetition d. Winkels	1. P. 2 durch W.: 9°, 00 25	Abgeglich. $\sphericalangle$ 9°, 00 23
"	" " " " " "	2. P. 1 " " 390, 99 80	
		also Summe 400, 00 05	
3 b)	" " " " " "	1. P. 2 durch W.: 9°, 00 31	9°, 00 20
"	" " " " " "	2. P. 1 " " 390, 99 91	
		also Summe 400, 00 22	

In beiden Fällen Führung der Kreise an den beiden Fernrohrstützen, sonst wie bei II. 1 a, 1 b.

Zunächst sieht man aus diesen Messungen deutlich, dass mit dem benutzten Theodolit die Winkel durch Repetition infolge verschiedener kleiner Ursachen stets zu gross erhalten werden. Es findet sich also auch bei diesem neuen Instrumente die bekannte Erscheinung bestätigt, dass durch die angewendete Messungsart des Winkels durch Repetition ohne Abgleichung durch den in gleicher Weise gemessenen Ergänzungswinkel verhältnismässig grosse, regelmässige Fehler entstehen würden.

III. Wir bezeichnen wie in I. mit  $m$  den mittleren Fehler einer Satzrichtung, mit  $m_z$  den mittleren Zielfehler des Fernrohrs und mit  $m_g$  den mittleren Gesamtfehler einer Ableseung am Noniusmikroskop. In letzterem sind enthalten: a) Der reine Ablesefehler am Nonius, der durch die Schärfe, mit der die Koinzidenzstelle gefunden wird, bestimmt wird; b) der mittlere Teilungsfehler der Kreisteilung und c) der mittlere Fehler in der Abstimmung der Noniuslänge und der Noniusteilung. Dann besteht die Beziehung:

$$m^2 = \frac{2m_z^2 + 4m_g^2}{4^2} \quad \text{oder} \quad m_g^2 = 4m^2 - \frac{m_z^2}{2}.$$

Setzt man hierin  $m_z = \pm 6,87''$  ein, dann erhält man für die einzelnen Beobachter der Reihe nach:

$$m_g = \pm 23,3''; \quad = \pm 32,6''; \quad = \pm 42,7''.$$

Im Durchschnitt also:  $m_g = \pm 32,9''$ , entsprechend einer Strecke von  $\pm 3,36 \mu$ . Man wird nicht weit fehlgehen mit der Annahme, dass die drei oben genannten Fehlerursachen für den mittleren Gesamtfehler  $m_g$  des Noniusmikroskops annähernd gleich gross sind; deren lineare Grösse würde dann  $\frac{m_g}{\sqrt{3}} = \pm 1,12 \mu$  betragen.

Aus 39 vollen Richtungssätzen wurde vom Verfasser mit einem Ertelschen Katastertheodolit mit vorzüglichen Nonien von 10" Angabe (160 mm Teilkreisdurchmesser) bei Verwendung 7 fach vergrössernder Ableselupen in derselben Weise der mittlere Gesamtfehler einer Ablesung zu  $\pm 3,2 \mu$  gefunden. Die Genauigkeit der untersuchten Nonienmikroskope ist demnach ungefähr die gleiche wie die vorzüglicher Nonien (bei Verwendung etwa 7 fach vergrössernder Ableselupen); etwas scheinen sie diesen aber überlegen zu sein. Das Ablesen auf der kurzen, übersichtlichen Teilung des Noniumikroskopes, bei dem stets mehrere Massstabstriche benützt werden, erfolgt aber erheblich rascher und sicherer, als dasjenige an längeren Nonien, so dass zu erwarten ist, dass etwa für die Zwecke der Kleintriangulierung und Polygonierung das Noniumikroskop sich einführen wird. Mit dem Skalenmikroskop hat das Noniumikroskop gegenüber dem Nonius eine etwas grössere Empfindlichkeit gegen unvorsichtige Behandlung gemeinsam; die Abstimmung wird bei der gewählten Bauart aber voraussichtlich längere Zeit erhalten bleiben.

Darmstadt, Juli 1912.

*Hohenner.*

## Die Grossh. Mecklenburgische Landesvermessung. 1853—1913.

Von Regierungsrat **Brumberg-Schwerin.**

(Nach einem Vortrag auf der 21. Hauptversammlung des Vereins Mecklenburgischer gepr. Vermessungs- u. Kulturingenieure am 3. Februar 1913.)

Im verflossenen Jahre ist die trigonometrische Vermessung der Grossherzogtümer Mecklenburg-Schwerin und -Strelitz und damit ein wichtiger Abschnitt unserer Landesvermessung vollendet worden. Aus dieser Veranlassung ziemt sich wohl ein Rückblick, und es möge mir daher gestattet sein, an der Hand der amtlichen Veröffentlichungen über die Grossherzoglich Mecklenburgische Landesvermessung<sup>1)</sup> eine zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung des vor nunmehr 60 Jahren in Angriff genommenen Werkes zu geben.

### I.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts hatte der Graf von Schmettau je eine Landeskarte von den damaligen mecklenburgischen Herzogtümern herausgegeben. Die Karte bestand

---

<sup>1)</sup> Die amtlichen Veröffentlichungen können in den Teilen I—VI — welche auch einzeln abgegeben werden — durch das Grossh. Messungsbureau in Schwerin bezogen werden.

für das Herzogtum Mecklenburg-Schwerin und das Fürstentum Ratzeburg aus 16 Blättern im Massstab 1:50048,

für das Herzogtum Mecklenburg-Strelitz aus 9 Blättern im Massstab 1:33847.

Diese — allgemein als Schmettausche Karte bekannten — Kartenwerke sind im wesentlichen durch Zusammentragen der in den Jahren 1756—1778 zur Ermittlung der Grundsteuer angefertigten sogenannten Direktorialkarten entstanden. Eine trigonometrische Landesvermessung lag ihnen nicht zugrunde.

Die Schmettausche Karte bildete, zusammen mit den nach ihr angefertigten Karten von Kümmel und Reymann, ein Jahrhundert hindurch die einzige allgemeine Landeskarte der beiden Grossherzogtümer.

Als in den Jahren 1839 und 1840 die von Preussen betriebene Vermessung der Ostseeküste über mecklenburgisches Gebiet führte, stellte sich heraus, dass die Schmettausche Karte hinsichtlich der Darstellung der Küste mit groben Fehlern behaftet sei. Der Major Baeyer, welcher die Küstenvermessung leitete, machte dem Grossherzoglichen Ministerium zu Schwerin von diesen Feststellungen Mitteilung und brachte zugleich die Ausführung einer mecklenburgischen Landesvermessung auf trigonometrischer Grundlage in Anregung. Die Grossherzogliche Regierung stellte sich, nachdem eine vorgenommene Nachprüfung die Fehlerhaftigkeit der Schmettauschen Karte auch in weiteren Punkten ergeben hatte, dieser Anregung zwar sogleich wohlwollend gegenüber, doch wurde die Inangriffnahme durch verschiedene Umstände, schliesslich noch durch die Unruhen der Jahre 1848/49, hinausgeschoben. Nachdem auch die erforderlichen Verhandlungen mit dem Grossherzogtum Mecklenburg-Strelitz und den Regierungen der Nachbarlande abgeschlossen waren, erfolgte endlich, unterm 17. Mai 1853, Allerhöchsten Ortes der endgültige Befehl zum Beginn der Arbeiten unter gemeinsamer Oberleitung des Ministeriums des Innern und des Militärdepartements. Die besondere Leitung wurde einer Kommission für die Landesvermessung übertragen, bestehend aus dem Generalmajor von Witzleben, dem Ministerialsekretär Paschen und dem Hauptmann Köhler. Der Generalmajor von Witzleben wurde im Jahre 1859 durch den Obersten und Divisionskommandeur von Bilguer ersetzt. Die technisch-wissenschaftliche Leitung der Arbeiten lag ausschliesslich in den Händen des Ministerialsekretärs Paschen. Derselbe war von Beruf zwar Jurist, hatte sich aber während seiner Studienzeit in Göttingen als Schüler von Gauss, aus besonderer Neigung und mit ausgezeichnetem Erfolge, astronomischen und geodätischen Studien gewidmet.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Ein Bericht über den Lebensgang Paschens und über seine Tätigkeit als Geodät mag für einen späteren Aufsatz vorbehalten bleiben. D. Verf.

Bei Ausführung der Messungen und Berechnungen waren zunächst (1853—1867) Grossherzogliche Offiziere tätig, denen eine Anzahl Unteroffiziere und weiterer Hilfsarbeiter beigegeben war. Vom Jahre 1867 ab nahmen ferner mehrere Jahre hindurch an den Berechnungen auch einige als Lehrer an der Grossherzoglichen Realschule zu Schwerin wirkende Mathematiker teil.

Nachdem Paschen — inzwischen zum Geheimen Kanzleirat ernannt — im Jahre 1873 gestorben war, ward die Landesvermessungs-Kommission durch Allerhöchsten Erlass vom 31. Dezember 1874 aufgelöst. Zugleich wurde der Generalmajor z. D. Köhler mit Erledigung der noch rückständigen Geschäfte, zu denen vor allem die beabsichtigte Veröffentlichung der Arbeiten gehörte, beauftragt. Später übernahmen die Professoren Bruhns und Förster, Direktoren der Sternwarten zu Leipzig bezw. Berlin, die Veröffentlichung. Ersterer war als Mitglied und Schriftführer der permanenten Kommission der Europäischen Gradmessung, letzterer als Schwiegersohn Paschens an der Sache interessiert. So wurde das Werk im Jahre 1882 in 4 Hauptteilen herausgegeben, nämlich

- Teil I: die trigonometrische Vermessung,
- „ II: das Koordinatenverzeichnis,
- „ III: die astronomischen Bestimmungen,
- „ IV: die geometrischen Nivellements.

Vor Inangriffnahme der Arbeiten im Jahre 1853 hatte Paschen in einer ausführlichen Denkschrift den Arbeitsplan entwickelt und für die Ausführung folgende Abschnitte zugrunde gelegt:

1. die trigonometrische Vermessung,
2. die Orientierung des trigonometrischen Netzes auf der Erdoberfläche durch entsprechende astronomische Bestimmungen,
3. die topographische Aufnahme des Landes und Herausgabe einer Karte im Massstab 1 : 25 000.

Ferner hatte Paschen vorgeschlagen, die Arbeiten soweit nach streng wissenschaftlichen Grundsätzen auszuführen, als es erforderlich war, um sie für die Zwecke der Erdmessung benutzbar zu machen.

Für die trigonometrische Vermessung musste zunächst das Hauptdreiecksnetz (Netz I. Ordnung) geschaffen werden. Dasselbe wurde in möglichst innigem Zusammenhang mit den bereits vorhandenen Triangulationsnetzen der Nachbarstaaten angelegt, und zwar kamen dafür in Betracht:

- die bereits erwähnte preussische Küstenvermessung,
- die dänische Gradmessung,
- die hannoversche Gradmessung.

Auch mit der später ausgeführten preussischen Landstriangulation in Lauenburg und Holstein wurde nachträglich noch die Verbindung hergestellt.

Das so entstandene Hauptdreiecksnetz (vgl. Netzkarte auf Seite 492 u. 493) umfasste 49 Stationen, davon 36 mit Winkelmessung. Die Winkelmessung wurde ausgeführt zu ebener Erde (auf 8 Stationen) oder auf Holzbauten von 7—20 m Höhe (auf 20 Stationen) oder auf soliden Bauwerken, vorzugsweise Kirchtürmen (auf 8 Stationen).

Die Stationen ohne Winkelmessung waren durch die Spitzen hoher Bauwerke (Kirch- oder Schlosstürme) dargestellt. Die nicht mit Bauwerken zusammenfallenden „Bodenpunkte“ wurden durch versenkte Granitsteine mit Bleiplombe festgelegt. Auf jeder Station sind mindestens 3 solcher Steine versenkt und in ihrer Lage zum Dreieckspunkt so genau bestimmt worden, dass jede einzelne Marke zur Wiederherstellung des Punktes ausreichte.

Zu den Winkelmessungen dienten 2 gleichgebaute Universalinstrumente von Pistor und Martins. Die Fernrohre der Instrumente haben Objektive von 21 Pariser Linien Oeffnung, die Horizontal- und Vertikalkreise besitzen einen Durchmesser von 10 Pariser Zoll und tragen jeder 2 mit Fadenmikrometern versehene Mikroskope. Die Fernrohre sind exzentrisch an einem Ende der Horizontalachse angebracht.

Die Winkelmessung erfolgte für die Richtungen im Netz I. Ordnung in 6 symmetrisch angeordneten Sätzen, also mit Drehung des Instrumentes um  $30^\circ$  nach jedem Satz. In einem Satz wurde in jeder Fernrohrlage zweimal, also im ganzen viermal, eingestellt, so dass jeder Punkt 24 mal geschnitten ist. Bei Ermittlung der Beobachtungsergebnisse wurden die vorher bestimmten regelmässigen Teilungsfehler der Horizontalkreise berücksichtigt, und, sobald der Neigungswinkel mehr als  $30'$  betrug, die Verbesserungen für Neigung angebracht. Bei Ablesung am Horizontalkreise wurde in den Mikroskopen stets auf beide, links und rechts vom Nullpunkt der Schraube liegenden Teilstriche des Kreises eingestellt. Aus diesen Einstellungen ist täglich die Ruhnkorrektion ermittelt und mit Hilfe von Tafeln sorgfältig berücksichtigt worden.

Wegen der zahlreichen, vorzüglich bestimmten Anschlussseiten aus den Dreiecksketten der Nachbarstaaten ist eine besondere Grundlinie für Mecklenburg nicht gemessen worden, vielmehr wurde als Ausgangsseite die mit der fortgesetzten preussischen Küstenvermessung gemeinschaftliche Seite Hübbeck—Ruhnerberg angenommen. Die für diese Strecke in der Küstenvermessung angegebene Länge (Logarithmus in Toisen = 4.3122494,6) erhielt jedoch noch eine Verbesserung von  $+41,6$  in der 7. Dezimale des Logarithmus. Diese Verbesserung hatte ihren Grund zum Teil (mit  $+31,6$ ) in einer von Baeyer vorgenommenen allgemeinen Berichtigung der bei der Küstenvermessung ermittelten Seiten. Die weitere Verbesserung (mit  $+10,0$ ) wurde angebracht, als man später, von der Grundlinie ausgehend, unter Benutzung der mecklenburgischen Messungen

5 andere Anschlussseiten berechnete und sich Abweichungen von den Sollbeträgen zeigten, welche im Mittel für je eine Seite — 10,0 Einheiten in der 7. Dezimale des Logarithmus betragen. Der Logarithmus der für unsere Landesvermessung endgültig angenommenen Grundlinie beträgt in Toisen: 4.3122536,2. Die für die Ableitung der Grundlinie benutzten Anschlussseiten sind auf der Netzkarte kräftiger dargestellt.

Nachdem die Ergebnisse der Winkelmessung für die einzelnen Stationen (nach dem für die preussische Küstenvermessung angewandten Verfahren) ermittelt waren, wurde zur Berechnung des Hauptdreiecksnetzes geschritten. Es waren 109 überzählige Richtungen beobachtet; für die Netzausgleichungen waren daher ebensoviele Bedingungsgleichungen (57 Winkel- und 52 Seitengleichungen) aufzustellen. Aus den Anschlüssen mit den Nachbarstaaten sind keine Bedingungsgleichungen abgeleitet, weil dadurch den mecklenburgischen Messungen ein nicht zu rechtfertigender Zwang angetan sein würde.

Zur Berechnung des sphärischen Exzesses sind die Besselschen Erdabmessungen benutzt. Die Logarithmen der Sinus der Winkel wurden aus zehnstelligen Logarithmentafeln entnommen.

Die Ausgleichung der Hauptdreiecke erfolgte nach dem zuerst von Bessel bei der ostpreussischen Gradmessung angewandten Verfahren, jedoch sind, wegen der grossen Anzahl, die Endgleichungen nicht direkt, sondern entsprechend der von Gauss (im Artikel 20 seines Werkes *Supplementum theoriae combinationis observationum etc.*) vorgeschlagenen Methode indirekt aufgelöst worden. Die 109 Bedingungsgleichungen wurden zu dem Zweck in 5 nahezu gleiche Gruppen zerlegt, welche zunächst vier „Ueberrechnungen“ nach streng wissenschaftlichen Grundsätzen unterworfen sind. Zur Beseitigung der dann noch vorhandenen geringen Widersprüche wurde noch eine fünfte, nicht ganz streng durchgeführte Ueberrechnung vorgenommen. Nach der Ausgleichung wurde der mittlere Fehler einer Richtung erhalten zu  $\pm 0'',99$ .

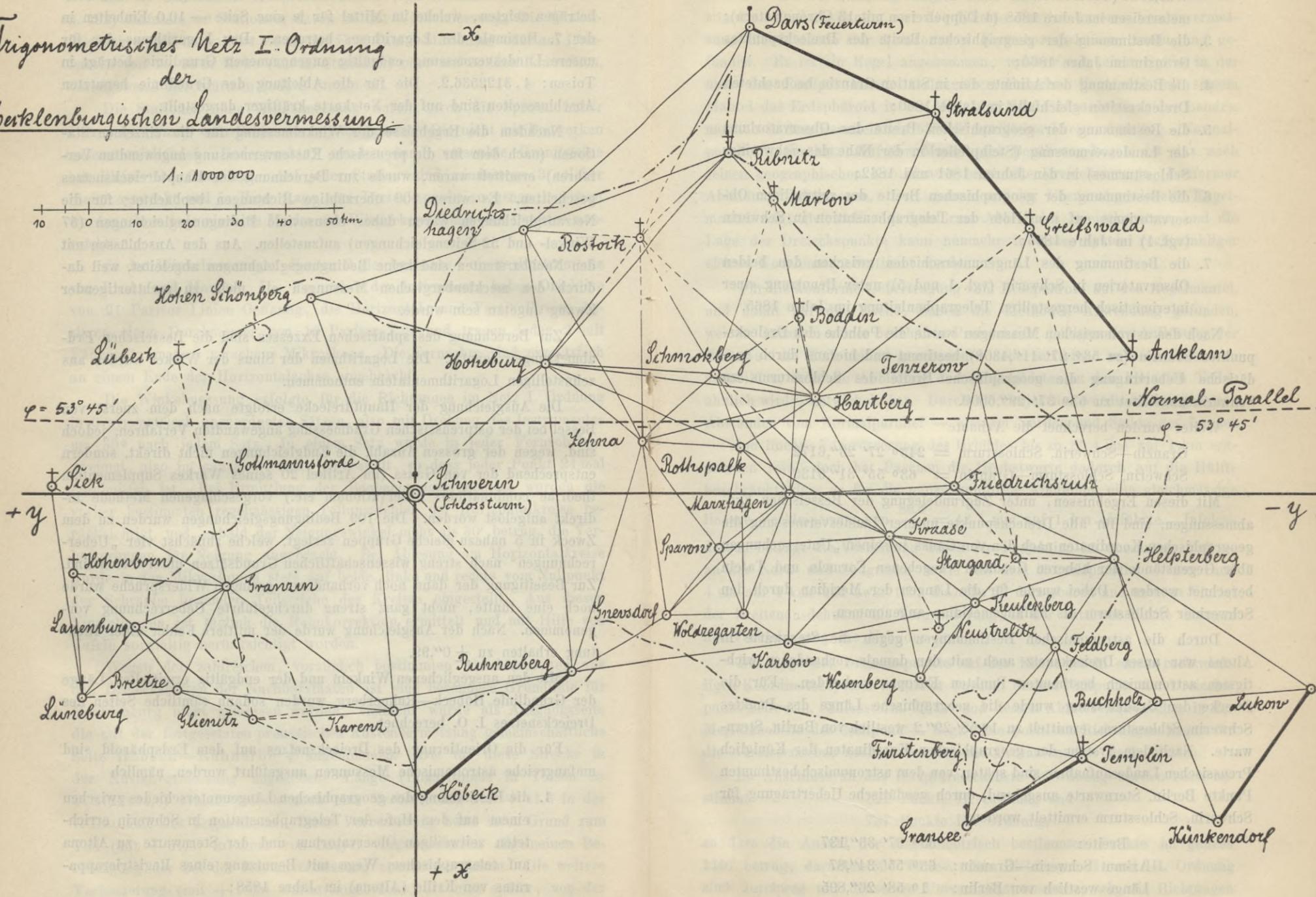
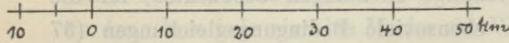
Mit den ausgeglichenen Winkeln und der endgültig ermittelten Länge der Grundlinie Höbeck—Ruhnerberg wurden sodann sämtliche Seiten des Dreiecksnetzes I. O. berechnet.

Für die Orientierung des Dreiecksnetzes auf dem Erdsphäroid sind umfangreiche astronomische Messungen ausgeführt worden, nämlich

1. die Bestimmung des geographischen Längenunterschiedes zwischen einem auf dem Hofe der Telegraphenstation in Schwerin errichteten zeitweiligen Observatorium und der Sternwarte zu Altona auf telegraphischem Wege mit Benutzung eines Registrierapparates von Krille (Altona) im Jahre 1858;
2. die Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen Schwerin und

# Trigonometrisches Netz I. Ordnung der Mecklenburgischen Landesvermessung.

M: 1:1000000



- Wustrow (Observatorium der Navigationsschule) durch Chronometerreisen im Jahre 1858 (4 Doppelreisen mit 13 Chronometern);
3. die Bestimmung der geographischen Breite des Dreieckspunktes Granzin im Jahre 1860;
  4. die Bestimmung der Azimute der in Station Granzin beobachteten Dreiecksseiten gleichfalls im Jahre 1860;
  5. die Bestimmung der geographischen Breite des Observatoriums der Landesvermessung (Steinpfeiler in der Nähe des Schweriner Schlossturmes) in den Jahren 1861 und 1862;
  6. die Bestimmung der geographischen Breite des zeitweiligen Observatoriums auf dem Hofe der Telegraphenstation in Schwerin (vgl. 1) im Jahre 1865;
  7. die Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen den beiden Observatorien in Schwerin (vgl. 1 und 5) unter Benutzung einer interimistisch hergestellten Telegraphenleitung im Jahre 1865.

Nach den astronomischen Messungen wurde die Polhöhe des Dreieckspunktes Granzin (zu  $53^{\circ} 27' 11'',4308$ ) bestimmt und hieraus durch geodätische Uebertragung die geographische Breite des Schlossturms zu Schwerin abgeleitet zu  $53^{\circ} 37' 29'',6000$ .

Weiter wurden berechnet die Azimute

$$\text{Granzin—Schwerin, Schlossturm} = 243^{\circ} 27' 23'',6172$$

$$\text{Schwerin, Schlossturm—Granzin} = 63^{\circ} 55' 31'',9133.$$

Mit diesen Ergebnissen, unter Zugrundelegung der Besselschen Erdabmessungen, sind für alle Dreieckspunkte unserer Landesvermessung die geographischen Koordinaten nach den von Gauss in seinen „Untersuchungen über Gegenstände der höheren Geodäsie“ gegebenen Formeln und Tafeln berechnet worden. Dabei wurde für die Längen der Meridian durch den Schweriner Schlossturm als Anfangsmeridian angenommen.

Durch die astronomischen Bestimmungen gegen die Sternwarte in Altona war unser Dreiecksnetz auch mit den damals vorhandenen wichtigsten astronomisch bestimmten Punkten Europas verbunden. Für die Zwecke der Gradmessung wurde die geographische Länge des Punktes Schwerin, Schlossturm, ermittelt zu  $1^{\circ} 58' 29'',2$  westlich von Berlin, Sternwarte. Nach dem System der geographischen Koordinaten der Königlich Preussischen Landesaufnahme sind später, von dem astronomisch bestimmten Punkte Berlin, Sternwarte ausgehend, durch geodätische Uebertragung für Schwerin, Schlossturm ermittelt worden:

$$\text{Breite:} \quad 53^{\circ} 37' 33'',137$$

$$\text{Azimut Schwerin—Granzin:} \quad 63^{\circ} 55' 34'',87$$

$$\text{Länge westlich von Berlin:} \quad 1^{\circ} 58' 26'',895$$

$$\text{Länge östlich von Ferro:} \quad 29^{\circ} 5' 14'',355.$$

Für die Uebertragung der in ihrer Lage auf dem Erdsphäroid bestimmten Dreieckspunkte auf die Ebene hat bei unserer Landesvermessung die Methode der konformen Kegelprojektion Anwendung gefunden. Es ist ein Kegel angenommen, welcher mit seiner Spitze in der über den Nordpol hinaus verlängerten Erdachse liegt und mit seinem Mantel das Erdsphäroid in der Mitte der Nord-Südausdehnung des Landes, nämlich in dem Parallelkreis  $53^{\circ} 45'$  nördlicher Breite, dem sog. „Normalparallel“, berührt. Auf den Mantel des Berührungskegels ist das nach seinen geographischen Koordinaten bestimmte Dreiecksnetz in „konformer Abbildung“ übertragen. Der sodann auf der Ebene abgewickelte Kegelmantel zeigt gleichfalls das konforme Abbild des Dreiecksnetzes, und die Lage der Dreieckspunkte kann nunmehr in einem System rechtwinkliger ebener Koordinaten bestimmt werden.

Für die konforme Uebertragung vom Erdsphäroid auf den Kegelmantel, und damit auf die Ebene, haben die Methoden Anwendung gefunden, welche Gauss in seiner berühmten Preisschrift: „Allgemeine Auflösung der Aufgabe: die Teile einer gegebenen Fläche auf einer anderen Fläche so abzubilden, dass die Abbildung dem Abgebildeten in den kleinsten Teilen ähnlich wird“, entwickelt hat. Durch die Projektion würde in den grössten Abständen vom Normalparallel — also im Norden und Süden des Landes — eine lineare Vergrösserung des Urbildes bis zu 85,4 mm auf 1 km entstanden sein, doch hat Paschen die Höchstwerte dadurch auf die Hälfte beschränkt, dass er für die ganze konforme Abbildung eine gleichmässige lineare Verkleinerung von  $\frac{85,4}{2} = 42,7$  mm auf 1 km einführte. Infolgedessen beträgt die Verzerrung durch die Projektion im äussersten Fall — an der Nord- und Südgrenze sowie auf dem Normalparallel — nur rund 4 cm auf 1 km, und zwar tritt dieselbe in dem oberen und unteren Viertel der Breitenausdehnung als Vergrösserung, in der mittleren Hälfte dagegen als Verkleinerung des Urbildes auf.

Die Lage der Dreieckspunkte auf der Ebene ist in einem rechtwinkligen Koordinatensystem bestimmt worden, dessen Nullpunkt der Dreieckspunkt Schwerin, Schlossturm, bildet und dessen Abszissen ( $x$ )-Achse in der Meridianebene des Nullpunktes liegt. Die positiven Richtungen liegen für die Abszissenachse nach Süden, für die Ordinatenachse nach Westen.

Im Anschluss an das Hauptdreiecksnetz I. Ordnung wurden noch bestimmt 322 Punkte II. Ordnung und 737 Punkte III. Ordnung, so dass die Anzahl der trigonometrisch bestimmten Punkte im ganzen 1107 betrug, darunter 397 Türme. Die Richtungen II. und III. Ordnung sind durchweg mit denselben Universalinstrumenten, wie die Richtungen I. Ordnung, gemessen worden, und zwar die Richtungen II. Ordnung in

zwei Sätzen mit achtmaliger Einstellung, die Richtungen III. Ordnung in einem Satz mit teilweise zwei-, teilweise viermaliger Einstellung.

Die Punkte II. Ordnung sind, soweit sie nicht durch Bauwerke bezeichnet waren, in gleicher Weise im Erdboden vermarkt worden, wie die Punkte I. Ordnung, nur ist die Anzahl der Festlegungssteine in der Regel geringer. Als Punkte III. Ordnung wurden vorwiegend weit sichtbare Bauwerke — Kirchtürme, Schornsteine, Windmühlen usw. — gewählt, ausserdem aber auch Bodenpunkte, welche teilweise durch zutage stehende Steine, teilweise durch Pfähle vermarkt worden sind.

Für die Mehrzahl der Punkte II. und III. Ordnung wurden in gleicher Weise, wie für die Punkte I. Ordnung, zunächst die geographischen und aus diesen wiederum die ebenen rechtwinkligen Koordinaten abgeleitet. Für eine Anzahl dieser Punkte sind jedoch keine geographischen, sondern sogleich die ebenen, rechtwinkligen Koordinaten durch ein Näherungsverfahren aus den ebenen, rechtwinkligen Koordinaten der Anschlusspunkte bestimmt worden.

Alle Punktbestimmungen II. und III. Ordnung wurden mindestens durch eine überzählige Messung kontrolliert, teilweise haben auch Ausgleichungen stattgefunden.

Als ein Teil der trigonometrischen Landesvermessung sind auch die in den Jahren 1853—1861 ausgeführten trigonometrischen Höhenbestimmungen anzusehen. Es wurde die Höhe von 47 Stationen durch 55 gegenseitige und gleichzeitige Messungen bestimmt; diese Höhenpunkte sollten die Grundlage bilden für alle weiteren Höhenmessungen.

Die Messungen wurden mit den beiden Universalinstrumenten der Landesvermessung ausgeführt und zwar sind auf jeder Station 10 Sätze mit je 2 Einstellungen gemessen. Als Zielpunkte wurden durchweg Heliotrope benutzt; als grösste Zielweite waren 3 geographische Meilen festgesetzt.

Das Netz der trigonometrischen Höhenbestimmungen bildete 8 Schleifen, deren jede eine Bedingungsgleichung für die Ausgleichung lieferte. Die letztere erfolgte nach der bei der preussischen Küstenvermessung angewandten Methode.

Als der Fortschritt der geodätischen Wissenschaft später allgemein zu der Erkenntnis führte, dass die geometrischen Nivellements weit bessere Ergebnisse liefern als die trigonometrischen Höhenbestimmungen, entschloss sich die Regierung, einer Anregung der internationalen Konferenz der Europäischen Gradmessung folgend, die bereits ausgeführten trigonometrischen Höhenbestimmungen durch geometrische Nivellements zu ersetzen. Die in den Jahren 1869 bis 1873 ausgeführten Nivellements sollten einmal für die Zwecke der Gradmessung die Ostseepegel in Wismar und Warnemünde mit den Höhenfestpunkten der Nachbarstaaten verbinden, sodann

aber auch als Grundlage für die topographische Aufnahme des Landes dienen. Die bereits vorliegenden trigonometrischen Höhenbestimmungen sollten nach dem Nivellement berichtigt werden.

Die — doppelt ausgeführten — Nivellements bilden vier Schleifen von zusammen 501,5 km und ausserdem Zweigstrecken von 121 km Länge, zusammen 622,5 km. Es wurden zwei vollständig gleich gebaute Nivellierinstrumente nach der Konstruktion von Strampfer und Starke in Wien verwendet. Das fest mit den Lagern verbundene Fernrohr hat ungefähr zwanzigfache Vergrösserung, das Objektiv 26 mm Oeffnung. An das Fernrohr wurde eine Repsoldsche Libelle angebracht, deren Skalenteil (1 Pariser Linie) einer Achsenneigung von  $6''{,}33$  entsprach. Die Elevationschraube des Instrumentes ist derartig konstruiert, dass ein Trommelteil eine Neigung der Fernrohrachse von gleichfalls  $6''{,}33$  anzeigt. Das Fernrohr ist zum Entfernungsmessen eingerichtet und auch benutzt worden.

Es kam eine einzige Nivellierlatte von 3,10 m Länge in Anwendung, welche mit einer Repsoldschen Teilmaschine sehr sorgfältig in Zentimeter geteilt war. Mittels eines Oertlingschen Komparators verglich Paschen die Latte mit einer authentischen Kopie des preussischen Normalmasses und fand so geringe Fehler, dass sie für die Nivellements unberücksichtigt bleiben konnten.

Um die Latte lotrecht stellen zu können, hatte sie in Brusthöhe eine Platte, auf welche eine mit Stellschrauben versehene Dosenlibelle aufgesetzt wurde. Am Fuss war die Latte mit einem Stahlzapfen versehen; die Aufstellung geschah auf zwei gusseisernen Fussplatten, welche auf der oberen Fläche eine für den Zapfen der Latte passende Vertiefung besaßen.

Es wurde durchweg „aus der Mitte“ nivelliert mit Zielweiten von durchschnittlich 70—75 m. Das Verfahren war folgendes:

Nach allgemeiner Horizontalstellung des Instrumentes wurden drei Lattenablesungen des Rückblicks an den drei Horizontalfäden gemacht, und dann ward die Libelle abgelesen. Darauf wurde der Mittelfaden mittels der Elevationsschraube auf die Mitte des nächsten weissen Zentimeterfeldes eingestellt, und wieder die Libelle abgelesen. In gleicher Weise wurde der Vorblick erledigt. Die direkten Ablesungen und die Einstellungen auf die Mitte des Zentimeterfeldes wurden getrennt reduziert, und so zwei Nivellements erhalten, deren Mittel man als einfaches Nivellement einführt. Jede Strecke zwischen zwei Festpunkten ist zweimal, in der Regel einmal hin und einmal zurück, nivelliert worden, und zwar möglichst an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten.

Als Nivellementslinien wurden vorzugsweise Chausseen gewählt, als Festpunkte dienten geeignete Nummersteine, vor allem Meilensteine (für halbe und ganze Meilen). Ausserdem sind Festpunkte an öffentlichen Gebäuden, Kirchen usw. angebracht, auch wurden teilweise besondere Pfeiler

als Nivellements-festpunkte errichtet; schliesslich ist auch noch eine Anzahl von Punkten des trigonometrischen Höhennetzes bestimmt worden. Für die Ausgleichung wurde das Ergebnis eines Doppelnivellements einer Strecke von 1 km Länge als Gewichtseinheit eingeführt. Der mittlere Fehler einer Gewichtseinheit ergab sich zu

$$m = \pm 2,59 \text{ mm.}$$

Damit war den Genauigkeitsanforderungen, welche in damaliger Zeit an Gradmessungsnivellements gestellt wurden, —  $m$  sollte in der Regel nicht grösser sein als  $\pm 4,45$  mm, in keinem Falle aber mehr betragen als  $\pm 7,41$  mm — in vollem Masse genügt.

Von Interesse ist eine Vergleichung der Nivellementsergebnisse mit den Ergebnissen der trigonometrischen Höhenbestimmung. Der Unterschied der nach den beiden Methoden bestimmten Höhen ergibt sich für folgende Punkte:

1. Wismar, Pegelnullpunkt . . . . .	0,000 m
2. Schmakentin . . . . .	0,169 "
3. Iserberg (Hamberge) . . . . .	0,411 "
4. Kirch Mulsow . . . . .	0,084 "
5. Diedrichshagen . . . . .	0,075 "
6. Hanstorf . . . . .	0,061 "
7. Warnemünde (Pegelnullpunkt) . . . . .	0,044 "
8. Sternberg . . . . .	0,026 "
9. Homburg . . . . .	0,184 "
10. Rastow . . . . .	0,210 "
11. Ruhnerberg . . . . .	0,136 "
12. Zehna . . . . .	0,192 "
13. Picher . . . . .	0,239 "

Dabei ist zu bemerken, dass der grössere Unterschied bei Iserberg sich aus einer Unsicherheit der benutzten Festpunktmarke erklärt.

Die Höhenangaben der mecklenburgischen Landesvermessung wurden zunächst auf den Nullpunkt des Pegels in Wismar bezogen. Im Jahre 1874 legte die Kgl. Preussische Landesaufnahme zwei Linien ihres Nivellements durch Mecklenburg und bestimmte dabei den Nullpunkt des Pegels in Wismar = — 0,2715 m zu Berliner Normalnull. Unter Benutzung dieser Ableitung sind in der Veröffentlichung unserer Landesvermessung die Festpunkte sowohl mit ihren Höhen zum Nullpunkt des Pegels in Wismar als auch zu Normalnull angegeben.

Eine im Jahre 1874 hergestellte mehrfache Verbindung zwischen den Nivellements der preussischen Landesaufnahme und den mecklenburgischen Nivellements ergab ausnahmslos eine gute Uebereinstimmung.

Im Frühling 1863 wurde auch die topographische Aufnahme (im 1 : 25 000) im Nordwesten des Landes in Angriff genommen. Sie wurde bis zum Jahre 1867 planmässig betrieben, von da ab jedoch nur zeitweise mit geringen Kräften weitergeführt und im Jahre 1872 ganz eingestellt.

Für die Karte wurde gleichfalls die konforme Kegelprojektion zu-

grunde gelegt. Auf jedem Kartenblatt sollte ein Gelände von 4500 Toisen (8770 m) Höhe und 4000 Toisen (7796 m) Breite dargestellt werden. Dementsprechend betrug die Bildgrösse eines Kartenblattes 0,18 . 0,16 Toisen (0,35 . 0,31 m). Sechs Kartenblätter bildeten eine Sektion von 9000 Toisen Höhe und 12 000 Toisen Breite.

Die Sektion XII, umfassend den Abschnitt 5000 Toisen nördlich, 4000 Toisen südlich, sowie je 6000 Toisen westlich und östlich von Schwerin, ist vollständig bearbeitet und in zwei verschiedenen Ausführungen durch Steindruck vervielfältigt worden. Eine der beiden Ausführungen gibt die Höhendarstellung lediglich durch Horizontalkurven in 10 Pariser Fuss oder  $1\frac{2}{3}$  Toisen (3,25 m) Abstand, während die andere Ausführung daneben auch noch eine Schattierung der Böschungen zeigt. Die Schattierung ist nach Photographien ausgeführt, welche von Modellen des dargestellten Geländes genommen sind, die unter einem Winkel von  $30^\circ$  von Nord-West her beleuchtet waren.

Die im Grossherzoglichen Messungsbureau in geringer Anzahl noch vorhandenen Karten sind musterhaft hergestellt; die Darstellung ist ausserordentlich klar und übersichtlich.

Im Jahre 1877 begann die Aufnahme der beiden Grossherzogtümer Mecklenburg durch die Kgl. Preussische Landesaufnahme zwecks Herstellung der Karten des Deutschen Reiches in 1 : 25 000 und 1 : 100 000. Um die mecklenburgische Landesvermessung für diese Arbeiten zu verwenden, waren schon früher durch die trigonometrische Abteilung der Kgl. Preussischen Landesaufnahme — von den preussischen Anschlussseiten ausgehend, unter Benutzung der mecklenburgischen Winkel und Seiten — für alle Punkte unserer Landesvermessung die geographischen Koordinaten nach dem System der preussischen Landesaufnahme umgerechnet worden. Weiter wurde in den Jahren 1877—1880 noch eine grössere Anzahl Dreieckspunkte III. und IV. Ordnung neu bestimmt, auch wurden nach Bedarf die bereits bestimmten Punkte zutage vermarktet. Diese Arbeiten wurden teils durch einen mecklenburgischen Trigonometer, teils durch einen Trigonometer der preussischen Landesaufnahme ausgeführt. Die Neubestimmung der Punkte III. und IV. Ordnung erfolgte nach Methoden und mit einer Genauigkeit, wie sie die topographische Aufnahme in 1 : 25 000 erforderte. Für die neubestimmten Punkte wurden sowohl die geographischen Koordinaten nach dem System der preussischen Landesaufnahme, als auch die geographischen Koordinaten und rechtwinkligen, ebenen Koordinaten nach dem System unserer Landesvermessung berechnet.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden von der Kgl. Preussischen Landesaufnahme die Messtischblätter der Grossherzogtümer Mecklenburg-Schwerin und -Strelitz herausgegeben und somit das eigentliche Ziel unserer Landesvermessung — wenn auch zum Teil auf einem anderen Wege, als dem ursprünglich in Aussicht genommenen — erreicht.

Wenn wir es vom geodätischen Standpunkt auch bedauern mögen, das Werk unserer Landesvermessung nicht ganz nach den Plänen seines genialen Schöpfers Paschen vollendet zu sehen, so können wir andererseits die Entwicklung, welche die Sache genommen hat, doch mit Genugtuung begrüßen. Eine nach dem besonderen System unserer Landesvermessung angelegte mecklenburgische Karte im Massstab 1 : 25 000 würde heute eine praktische Bedeutung kaum noch besitzen. Den Anforderungen unserer neuzeitlichen politischen und wirtschaftlichen Entwicklung kann nur eine nach einheitlichen Gesichtspunkten bearbeitete topographische Karte des Deutschen Reiches genügen. Und eine solche besitzen wir jetzt in mustergültiger Ausführung.

(Fortsetzung folgt.)

## Zum Hüttenschen Durchschreibeverfahren.

**Nachschrift.** (Siehe Seite 453.)

Die Regierungen in Münster und Arnberg — welch letztere das Durchschreibeverfahren gleichfalls, aber anscheinend nicht zwangsweise, eingeführt hat — sind sich untereinander über die zweckmässigen Einzelheiten des Verfahrens selbst nicht einig. Münster z. B. beschreibt auf jedem Bogen zwei verschieden gerichtete Seiten, wodurch umfangreiche Verhandlungen ein sonderbares Aussehen erhalten, und schreibt grundsätzlich auf einen andern Bogen durch. Arnberg dagegen schreibt auf die gleichgerichtete Seite des gleichen Bogens durch, was für umfangreiche Verhandlungen viel angenehmer ist, wenn es auch einen Heftrand und damit die Vergrößerung des Formates notwendig macht. Die somit gegebene Verschiedenheit der Vordrucke und des Formates der Papiere und damit der Feldebuchrahmen, ebenso die von den Regierungen angeordnete Verschiedenheit der Papiersorten und liefernden Firmen beider Bezirke, hierzu die plötzliche Anordnung dieses Verfahrens, die infolgedessen eingetretene, bei den hohen Materialpreisen aber bedauerliche, überstürzte Bestellung und durch mancherlei Unklarheiten doch wieder entstehende Verzögerung in der Lieferung der Waren ruft in den Preislisten für den Anfänger und in der Praxis für die in beiden Bezirken tätigen Landmesser eine recht ärgerliche Verwirrung hervor, welche dadurch nicht besser wird, dass die Regierung in Münster bereits beginnt, auch an Stelle des eben beschafften Heraklidpapiers „für die Folge“ wieder eine andere Papiersorte vorzuschreiben. —

Endlich sind jetzt auch die Münsterischen Vordrucke für die Messungsverhandlungen — wenn auch noch unvollständig — herausgekommen. Da sich jede Verhandlung aus drei oder vier verschiedenen Vordrucken (abgesehen von den Ergänzungsbogen!) zusammensetzt, welche insbesondere bei Wegemessungen in mannigfach verschiedener Weise ineinander gefaltet, geheftet und gelegt werden müssen, damit ein bei und nach der Arbeit zweckmässiges Ganzes entsteht, so habe ich eine „Anleitung zur Zusammenstellung von Messungsverhandlungen aus den Durchschreibformularen der Regierung in Münster“ verfasst, welche ich den Beteiligten gern zur Verfügung stelle.

Noch bemerke ich, dass die neuerdings liefernde Firma C. G. Blanckertz in Düsseldorf natürlich keine Schuld an den Verzögerungen trifft.

Masch.

## Ermittlung der landwirtschaftlichen Bodenbenutzung im Deutschen Reiche.

Im Laufe des Monats Juni werden in allen Bundesstaaten Erhebungen über die landwirtschaftliche Bodennutzung beginnen, für die die Reichsregierung unter Zustimmung des Bundesrats die Einzelheiten festgesetzt hat. Die Erhebungen werden sich zunächst vor allem auf die Hauptnutzung des Ackerlandes erstrecken, während die der Nebennutzung im September stattfinden werden. Der besondere Wert der diesjährigen Ermittlungen besteht darin, dass einmal in Hinblick auf die wachsende Bedeutung des feldmässigen Gemüsebaus eine eingehendere Erfassung der deutschen Gemüseerzeugung erreicht werden soll, und dass fernerhin die Zählung der Obstbäume erweitert wird, indem sie auf die Aprikosen-, Pfirsich- und Walnussbäume ausgedehnt wird. Auch das Spalierobst und Zwergobst wird bei der Zählung berücksichtigt. Die jetzt in grösserem Masse in Angriff genommene Moorkultivierung ist die Ursache, dass bei den bevorstehenden Ermittlungen auch die Flächen der unkultivierten Moore festzustellen sind, für die gegenwärtig eine sichere Statistik noch nicht vorhanden ist, da sie mit dem Oed- und Unland zusammengefasst sind; daher sollen die Moore diesmal besonders nachgewiesen werden. Im Zusammenhang mit der Ermittlung des Areals der Forsten werden auch Erhebungen über den Besitzstand, den Ertrag, die Bestands- und Betriebsarten der Forsten vorgenommen. Nach einem Bundesratsbeschluss vom Jahre 1892 sollten derartige Ermittlungen zum ersten Male im Jahre 1893 und dann weiterhin von 10 zu 10 Jahren stattfinden. Die zweite Ermittlung der Bodenbenutzung, die 1903 hätte stattfinden müssen, wurde mit Rücksicht auf die Vorbereitungen zu den Handelsverträgen im Jahre 1900 veranstaltet. Es hat mithin seit 13 Jahren keine derartige Ermittlung mehr stattgefunden.

Mitgeteilt von *Schewior*-Münster i/W.

## Die Eröffnung von eigenen Kartenvertriebsstellen der Königlich Preussischen Landesaufnahme.

Die Königlich Preussische Landesaufnahme macht bekannt, dass vom 1. April dieses Jahres ab für den Vertrieb aller von der Kartographischen Abteilung der Landesaufnahme herausgegebenen Generalstabskarten in den Massstäben 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000 und 1:300 000 nachstehend aufgeführte Kartenvertriebsstellen eröffnet worden sind:

In Berlin, Nettelbeckstrasse 7/8, für den Truppenbezirk des Garde- und 3. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinz Brandenburg, der Hohenzollernschen Lande, der Königreiche Bayern, Sachsen, Württemberg, des Grossherzogtums Baden, der Kolonien und des Auslandes.

In Breslau VIII, Feldstrasse 46, für den Truppenbezirk des 5. und 6. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinzen Schlesien und Posen.

In Danzig-Langfuhr, Brunshöferweg 1a, für den Truppenbezirk des 1., 17. und 20. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinzen Ost- und Westpreussen.

In Stettin, Lindenstrasse 1, für den Truppenbezirk des 2. und 9. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinzen Pommern, Schleswig-Holstein, der Grossherzogtümer Mecklenburg-Schwerin und -Strelitz und der Freien Städte Hamburg und Lübeck.

In Magdeburg, Fürstenwallstrasse 11, für den Truppenbezirk des 4. und 11. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinz Sachsen, des Regierungsbezirks Cassel, des Herzogtums Anhalt und der Thüringischen Staaten.

In Hannover, Georgstrasse 20<sup>I</sup>, für den Truppenbezirk des 7. und 10. Armeekorps und den Landesbezirk der Provinzen Hannover und Westfalen, des Grossherzogtums Oldenburg, des Herzogtums Braunschweig, der Fürstentümer Lippe, Schaumburg-Lippe und Waldeck und der Freien Stadt Bremen.

In Koblenz, Hohenzollernstrasse 153, für den Truppenbezirk des 8. und 18. Armeekorps und den Landesbezirk der Rheinprovinz, des Regierungsbezirks Wiesbaden und des Grossherzogtums Hessen.

In Strassburg, Stephansplatz 15<sup>I</sup>, für den Truppenbezirk des 14., 15., 16. und 21. Armeekorps und den Landesbezirk der Reichslande Elsass-Lothringen.

Alle Bestellungen auf Generalstabskarten sind an diejenige Kartenvertriebsstelle zu richten, in deren Bezirk der Besteller sich befindet. Auch können sie an eine der Mittelspersonen, die an allen grösseren und vielen kleineren Orten bestellt und durch besondere Aushängeschilder kenntlich gemacht sind, abgegeben werden. Uebersichtsblätter und Verzeichnisse, aus denen die veröffentlichten Karten zu ersehen sind, sowie Bestellkarten werden von den Betriebsstellen bzw. den Vermittlungsstellen kostenfrei verabfolgt oder gegen Einsendung des Portobetrages zugesandt.

Der Bezug der in dem Verzeichnisse A aufgeführten Karten ist für jedermann zu den festgesetzten Preisen und Bedingungen zulässig. Der Bezug der in dem Verzeichnisse B aufgeführten Karten zu den für den Dienstgebrauch und zu Lehrzwecken ermässigten Preisen ist zulässig für:

- a) alle aktiven Offiziere, bzw. die Offiziere des Beurlaubtenstandes;
- b) alle Militär-, Marine- und Zivilbehörden, Beamte jedoch nur durch Vermittlung der Behörden;
- c) alle öffentlichen höheren Lehranstalten zum Gebrauch der Lehrer und Schulen; für die übrigen Schulen jedoch nur durch Vermittlung der Kreisschulinspektoren, Bürgermeister oder Landräte;
- d) Jugend-, Wandervereine und dergleichen, denen die Berechtigung durch die Landesaufnahme zugebilligt worden ist.

Die Abgabe von Karten zu ermässigten Preisen erfolgt nur an die Bezugsberechtigten zum eigenen Gebrauch. Die Unterzeichner der Bestellungen übernehmen durch ihre Unterschrift die Verantwortung für die

Verwendung allein zu den genannten Zwecken. Die Weitergabe an Unberechtigte oder zu anderen als den festgesetzten Preisen ist unzulässig und wird verfolgt.

Die Lieferung der Karten erfolgt in der Regel nur gegen Barzahlung oder Postnachnahme und bei einzelnen Blättern, wenn nicht ausdrücklich anders gewünscht, gefaltet im Umschlag. Laut mitgesandtem Forderungsnachweis einzuzahlende Beträge sind von allen Bestellern, auch den am Orte befindlichen Behörden, sobald als möglich — spätestens aber innerhalb vier Wochen — ungekürzt, porto- und bestellfrei an die zuständige Kartenvertriebsstelle einzusenden.

Anträge auf Herstellung von Karten für besondere Zwecke, zu denen die von der Landesaufnahme bearbeiteten Karten Verwendung finden sollen, sind durch Vermittlung der Kartenvertriebsstellen oder unmittelbar an die Kartographische Abteilung der Landesaufnahme zu richten.

Mitgeteilt von *Schewior*-Münster.

## Mitteilung aus den sächsischen Zweigvereinen.

Aus Anlass der Internationalen Baufach-Ausstellung mit Sonderausstellungen Leipzig 1913 — J.B.A. — werden die Landmesservereine des Königreichs Sachsen eine gemeinsame, hauptsächlich der Ausstellung gewidmete, ausserordentliche Tagung abhalten. Die drei sächsischen Vereine, der Verein praktischer Geometer im Königreich Sachsen, der Verein der Kgl. sächsischen Bezirkslandmesser, der Verein gepr. und verpfl. Geometer im Königreich Sachsen, haben nach Fühlungnahme mit dem mitunterzeichneten Vorstand des Stadtvermessungsamtes Leipzig zur Vorbereitung dieser Veranstaltung einen Ortsausschuss gewählt, der sich hiermit gestattet, folgendes bekannt zu geben:

Die Veranstaltung steht nicht nur den Mitgliedern der genannten Vereine, sondern allen deutschen und ausländischen Angehörigen und Freunden des Vermessungsfachs offen, die hiermit schon jetzt herzlich zur Teilnahme eingeladen werden.

Die Tagung fällt in die Zeit vom 6. bis 9. September.

**Das Programm**, das noch nicht in allen Einzelheiten feststeht, wird etwa folgendes sein:

Sonnabend, den 6. September: Begrüßungsabend.

Sonntag, den 7. September: Am Vormittag Hauptversammlung in der Ausstellung mit Vorträgen über Wesen und Umfang der J.B.A.; nach einer Frühstück- oder kleinen Mittagspause Führung durch die Ausstellung; gegen Abend gemeinsame Tafel im Hauptrestaurant; hierauf Fortsetzung der Besichtigung, besonders des Vergnügungsviertels.

Montag, den 8. September: Weitere Führungen durch die Ausstellung, Besichtigung des Völkerschlachtdenkmal, der Südfriedhofs-

und Feuerbestattungs-Anlagen; Rundfahrt durch die Stadt; abends zwangloses Zusammensein.

Dienstag, den 9. September: Ausflug.

Die Damen sind zu allen Besichtigungen u. dergl. herzlich willkommen. Zweck der Veranstaltung ist in erster Linie, durch zweckdienliche Vorträge und sachkundige Führung die Sehenswürdigkeiten der Ausstellung und die ungeheure Menge der Ausstellungsgegenstände wissenschaftlicher und industrieller Art der Kollegenschaft übersichtlich vor Augen zu führen unter besonderer Berücksichtigung der in den verschiedenen Sonderabteilungen untergebrachten Gegenstände aus dem Vermessungsfache und den verwandten Gebieten. Daneben soll eine gewiss willkommene Gelegenheit geboten werden zur möglichst bequemen Besichtigung der Stadt Leipzig mit ihren vielfach erst in letzter Zeit entstandenen bedeutenden Sehenswürdigkeiten.

Der Ortsausschuss wird durch Erstrebung angemessener Preise für alle Veranstaltungen, sowie auch durch Wohnungsnachweis sein möglichstes tun, um allen Gästen auch in dieser Beziehung die Teilnahme an der Veranstaltung recht angenehm zu gestalten. Er wird seine höchste Befriedigung für seine Tätigkeit in zustimmenden Kundgebungen und einer recht stattlichen Zahl von Anmeldungen erblicken, die, um einen Ueberblick zu erhalten, recht bald, wenn auch zunächst noch unverbindlich, an die Adresse des Vorsitzenden des Ortsausschusses, Herrn Obervermessungsinspektor Ferber, Leipzig-Connewitz, Scheffelstr. 34, erbeten werden.

Das endgültige Programm wird Anfang Juli bekannt gegeben.

Mit kollegialem Gruss!

Leipzig, 31. Mai 1913.

Der Ortsausschuss:

*Ferber. Käßner. Seetzen. Wimpf.*

## Personalmeldungen.

**Königreich Preussen.** Der Landmesser und ständ. Assistent an der Techn. Hochschule zu Berlin Hermann Wolff hat am 5. Juni vor der philosophischen Fakultät der Universität Berlin das Doktorexamen mit Geodäsie als Hauptfach bestanden.

### Inhalt.

**Zum 70. Geburtstag. — Wissenschaftliche Mitteilungen:** Theorie und Anwendung der Drehwage von Eötvös, von Eggert. — Beitrag zur Bestimmung der Ablesegenauigkeit des Fennelschen Noniusmikroskopes, von Hohener. — Die Grossh. Mecklenburgische Landesvermessung, von Brumberg. — Zum Hütten-schen Durchschreibeverfahren, Nachschrift von Masch. — **Ermittlung der landwirtschaftlichen Bodenbenutzung im Deutschen Reiche**, mitget. von Schewior. — **Die Eröffnung von eigenen Kartenvertriebsstellen der Kgl. Preuss. Landesaufnahme**, mitget. von Schewior. — **Mitteilung aus den sächsischen Zweigvereinen.** — **Personalmeldungen.**