

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

1935. Heft I

Januar-April-Sitzung

München 1935

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung



Eine neue astronomische Orientierung des bayer. Hauptdreiecksnetzes.

Von S. Finsterwalder in München.

Vorgetragen in der Sitzung vom 6. April 1935.

Die Orientierung des bayerischen Hauptdreiecksnetzes hat eine lange Geschichte. Sie sollte durch Messung des astronomischen Azimuts der Seite: München (nördl. Frauenturm)–Aufkirchen (Turm), deren zum größten Teil unmittelbar gemessene Länge von 28496,24 m den Ausgangswert für die Triangulation bildete, gewonnen werden. Eine solche Azimutbestimmung vom nördl. Frauenturm aus nahm zuerst Oberst Henry 1802 mittels Sonnenbeobachtungen vor. Sie war sehr ungenau; die Einzelbestimmungen gingen bis zu 2 Bogenminuten auseinander, das Mittel aus 19 solchen ergab sich nach der späteren Berechnung von C. v. Orff¹ zu $49^{\circ} 0' 4'' \pm 9''$. Henry selbst verwarf 4 Bestimmungen und bildete ein Mittel aus 15 Einzelbeobachtungen mit $48^{\circ} 59' 53'' \pm 6''$, das der Berechnung des bayerischen Dreiecksnetzes von Soldner und auch der späteren Ausgleichung durch C. v. Orff zugrunde liegt. Schon bald wurde die Fehlerhaftigkeit dieses Azimutes erkannt. Herr v. Zach² bestimmte es 1807 von neuem zu $49^{\circ} 0' 8''$ und Steuerat Bertrand 1809 zu $49^{\circ} 0' 1''$. Der Grund der Unsicherheit dieser älteren Bestimmungen lag in dem unregelmäßigen Gang der Pendeluhr, die durch das Läuten der Kirchenglocken des Frauenturmes in den Abend- und Morgenstunden bedingt war. Im Jahre 1813 bestimmte Soldner neuerdings das Azimut München–Altomünster mittels Polarsternbeobachtungen unter Zuhilfenahme eines Chronometers, woraus sich das Azimut München–Aufkirchen zu $49^{\circ} 0' 7,5'' \pm 1,3''$ ergab. Von da ab wurde der Frauenturm als Be-

¹ Die Bayerische Landesvermessung in ihrer wissenschaftlichen Grundlage. München 1873, S. 586. Später mit BLV zitiert.

² Monatliche Korrespondenz, 1812 (Bd. 25) S. 322.

³ BLV, S. 608.

obachtungsstandpunkt verlassen, und 50 Jahre später beginnen die Messungen auf der Sternwarte Bogenhausen, die 1863–64 von Soldners Nachfolger Direktor v. Lamont und C. v. Orff ausgeführt wurden. Ihr Ergebnis nach rechnerischer Übertragung auf den Frauenturm war $49^{\circ} 0' 8,23'' \pm 0,35''$. C. v. Orff¹ stellte 1869 und 1871 neue Bestimmungen auf der südlichen Basispyramide bei Oberföhring an, deren Übertragung auf den Frauenturm das Azimut zu $49^{\circ} 0' 6,76'' \pm 0,36''$ ergab. Als im Jahre 1868 die bayerische Kommission für die internationale Erdmessung bei der bayerischen Akademie der Wissenschaften gegründet wurde, trat an sie neben andern Aufgaben die Mitwirkung bei der Durchführung der Längengradmessung Brest-Astrachan unterm 48. Breitengrad heran, die erneute Azimutmessungen erforderte. So wurde durch den Observator der Erdmessungskommission Dr. K. Oertel von der Sternwarte aus 1885 das Azimut nach Baumkirchen² ($\pm 0,6''$), 1887 nach Ramersdorf³ ($\pm 0,45''$), 1888 nach dem nördlichen Frauenturm in München⁴ ($\pm 0,43''$) und 1891 nach dem Wendelstein⁵ ($\pm 0,28''$) bestimmt, die trotz ihrer guten inneren Genauigkeit nicht durchweg zu den zwischen diesen Richtungen und Aufkirchen gemessenen Winkeln paßten, aber im ganzen das Soldnersche Azimut München–Aufkirchen zu bestätigen schienen. Erst als bei der Bearbeitung des für die Längengradmessung angesammelten Beobachtungsmaterials durch A. Galle⁶ die von der Sternwarte aus gemessenen Azimute und Winkel einer gemeinsamen Ausgleichung unterzogen worden waren, stellte sich heraus, daß das Soldnersche Azimut noch um $2,5''$ zu vergrößern war, um es der Gesamtheit der neueren Azimutbestimmungen von der Sternwarte aus anzu-

¹ BLV, S. 633.

² Veröffentlichung der Königl. Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten, Heft 2 (1897) S. 148.

³ Ebenda Heft 3 (1898) S. 189.

⁴ Ebenda Heft 3 S. 198.

⁵ Ebenda Heft 3 S. 218.

⁶ Veröffentlichung des preuß. geod. Inst. NF. Nr. 88. Die Längengradmessung in 48° Breite zwischen Astrachan und Brest. 1. Heft (Berlin 1923) S. 27, 28.

passen. Es ging nämlich aus dieser Ausgleichung das Azimut Sternwarte-Aufkirchen mit $46^{\circ} 43' 32,90''$ hervor. Wird dieses alsdann mit der aus einer Lokaltiangulation entnommenen Entfernung München (Frt)–Sternwarte = 2613,12 m und den aus der gleichen Ausgleichung entsprungenen Azimuten Sternwarte-München (Frt) $252^{\circ} 42' 18,97''$ und Sternwarte-Wendelstein $148^{\circ} 11' 40,40''$ sowie mit dem neuerdings gemessenen und ausgeglichenen Winkel: Wendelstein–München–Aufkirchen $96^{\circ} 41' 14,30''$ verbunden, so folgt das Azimut München–Aufkirchen zu $49^{\circ} 0' 9,994''$. Ein mittlerer Fehler läßt sich nicht ohneweiters angeben, er wird aber $1''$ übersteigen. Durch die fortschreitende Umbauung der Sternwarte mit Wohnhäusern ist die Möglichkeit neuer Azimutmessungen von dieser Stelle aus versperrt.

Im Zuge der Messungsarbeiten der bayerischen Erdmessungskommission für die schon erwähnte Längengradmessung unterm 48. Breitengrade wurden im Jahre 1912 auf den Hauptnetzpunkten Kirchheim in Schwaben und Asten an der Salzach,¹ die fast in der gleichen Breite von München liegen, astronomische Längenbestimmungen durch Prof. Schnauder vom Geodätischen Institut in Potsdam und Dr. Zapp von der bayer. Erdmessungskommission auf telegraphischem Wege vorgenommen, wodurch diese Punkte mit der Sternwarte verbunden wurden. Da auf ihnen schon in den Jahren 1894 u. 1903 Breiten- und Azimutmessungen durch die Observatoren Oertel und Anding² vorgenommen worden waren, bestand die Möglichkeit, das Azimut der Sternwarte mittels des Laplaceschen Theorems zu prüfen. Außerdem war auch noch der Hauptdreieckspunkt Altenburg bei Bamberg im Jahre 1895 durch eine telegraphische Längenbestimmung an die Sternwarte von den Observatoren Bauschinger und Oertel³ angeschlossen worden, und so konnten die schon 1884 von Oertel⁴ beobachteten Azimute

¹ E. Großmann, *Telegr. Längenbest. d. die bayer. Komm. der internat. Erdmessung. Sitzber. d. Bayer. Akad. d. Wiss.* 1921 S. 205.

² Ebenda Heft 5 S. 195 und Heft 8 S. 105.

³ Veröffentlichung d. K. B. Kommission f. d. intern. Erdmessung Heft 1 S. 135.

⁴ Ebenda Heft 1 S. 58 und S. 67.

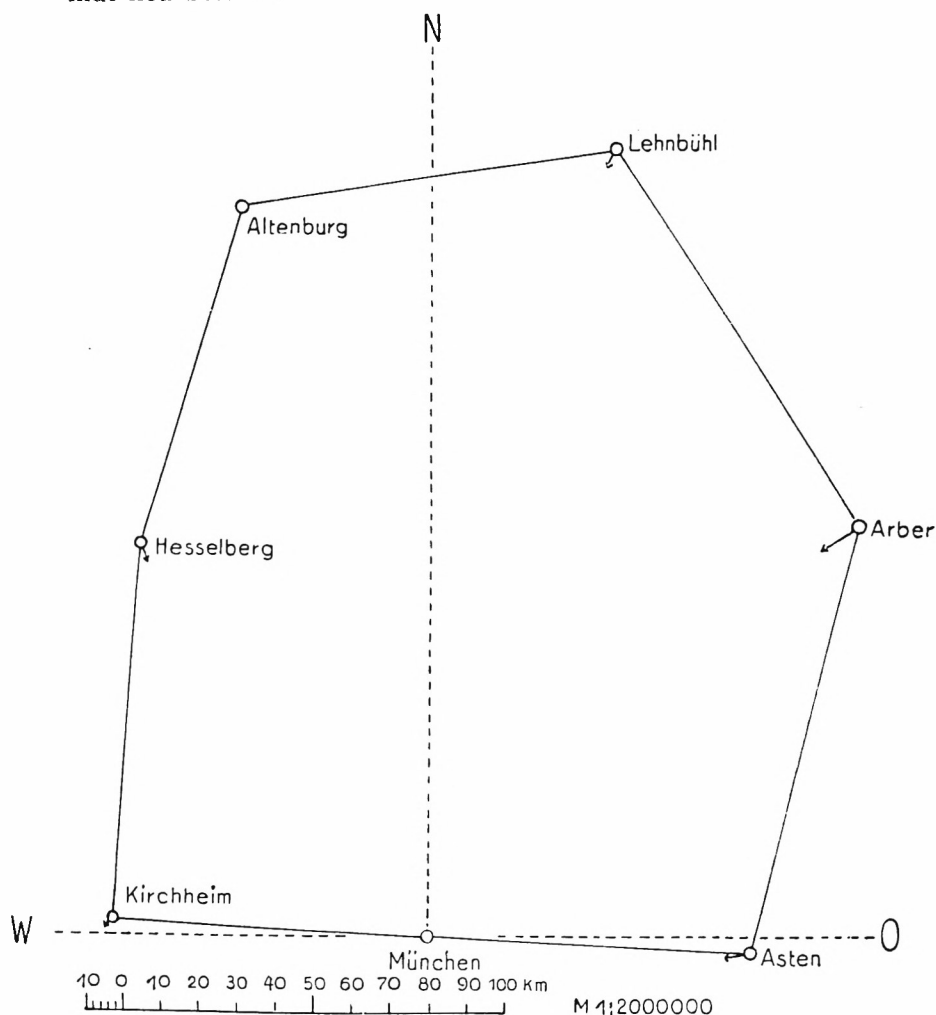
von Altenburg nach Banz und Groß-Gleichberg auf das Azimut der Sternwarte bezogen und dieses geprüft werden. Diese Prüfung fiel für das Soldnersche Azimut bei Asten und Altenburg sehr günstig aus, während sich bei Kirchheim ein Widerspruch von fast $5''$ ergab. Unter Zugrundelegung des Gallischen Azimuts fanden sich bei allen drei Punkten Widersprüche von ungefähr $2''$, die bei Altenburg und Asten entgegengesetztes Vorzeichen wie bei Kirchheim hatten. Eine sichere Entscheidung zugunsten des einen oder anderen Wertes war auf diesem Wege nicht zu finden, und so blieb die Frage nach der Orientierung des bayerischen Hauptdreiecksnetzes ungelöst.

Mittlerweile war eine Erneuerung des bayerischen Hauptdreiecksnetzes, deren Notwendigkeit schon vor dem Ausbruch des Weltkrieges erkannt worden war, begonnen worden, und die Frage der Orientierung wurde von neuem dringlich. Von Anfang an war eine enge Verbindung des neuen Netzes mit dem preußischen Netz im Norden des Landes ins Auge gefaßt, und um diese vorzubereiten, habe ich¹ 1914 das alte bayerische Netz mit dem preußischen in Verbindung gebracht und damit das Münchener Azimut an das Berliner vom Rauenberge angeknüpft. Das Ergebnis war eine Verminderung des Münchener Azimutes von Soldner um $2''$, die dann später durch eine erweiterte Arbeit meines Schülers Dr. F. Boecklein,² der 1924 in seiner Dissertation das bayerische, württembergische und preußische Netz gemeinsam zusammenschloß, wieder bis auf $0,5''$ rückgängig gemacht wurde. Um zu einer Entscheidung zu kommen, blieb nur der Weg übrig, die Zahl der durch Längen- und Azimutmessungen mit München verbundenen Außenstationen zu vermehren und damit die indirekte Prüfung des Münchener Azimutes zu erweitern. Dieser Weg ist seit 1932 von der bayerischen Erdmessungskommission beschritten worden. Durch ihren Ob-

¹ Sitzber. d. kgl. Bayer. Akad. 1914 S. 53 und S. 241. Bei einer jüngst vorgenommenen Neuberechnung dieses Anschlusses nach einer Verbesserung eines Identifikationsfehlers beim Punkt Taufstein und Einbeziehung des Punktes Ochsenkopf ist diese Verminderung nur mehr $1,1''$.

² Die gemeinsame Überführung der geogr. Koord. von Bayern und Württemberg in das System der preuß. Landesaufnahme 1925. Dissert. d. Techn. Hochschule München.

servator Herrn Dr. K. Schütte wurden auf dem Arber bei Bodenmais, dem Lehnbühl bei Konnersreuth und dem Hesselberg bei Wassertrüdingen Länge, Breite und Azimut neu bestimmt.



Der nächste Zweck dieser Bestimmungen war eine Versteifung des künftigen Hauptdreiecksnetzes durch Einführung der Laplaceschen Bedingungen in die Netzberechnung, wobei sich die einheitliche astronomische Orientierung des Netzes und der

Betrag der Lotabweichungen in den astronomischen Stationspunkten gegenüber München als Ausgangspunkt nebenher ergibt. Leider schreiten die Triangulationsarbeiten aus Mangel an verfügbaren Mitteln und infolge der zur Zeit herrschenden Unsicherheit bezüglich der Gestaltung und Leitung des künftigen deutschen Großvermessungswesens nur sehr langsam voran, so daß die Auswertung der astronomischen Bestimmungen innerhalb des Rahmens der Neutriangulation noch in weiter Ferne steht. Es lassen sich aber schon auf Grund der Orffschen Berechnung der alten bayerischen Triangulation, die sämtliche astronomischen Stationen umfaßt, Schlüsse über die Orientierung dieses Netzes bezw. die Geltung des Ausgangsazimutes ziehen. Man braucht nur die geodätischen Lagen dieser Stationen auf die neue Breite, Länge und das neue Ausgangsazimut München–Aufkirchen umzurechnen und mit den astronomisch bestimmten zu vergleichen, wobei man für jede die Laplacesche Beziehung gegenüber München ansetzt und den Widerspruch gegen sie in Abhängigkeit vom Ausgangsazimut feststellt. Man wählt dann die Verbesserung des genäherten Ausgangsazimutes München–Aufkirchen so, daß die Widersprüche gegen die Laplacesche Bedingung im Durchschnitt verschwinden. Diese Rechnung habe ich in folgender Weise durchgeführt. Zuerst wurden die in dem Orffschen Landesvermessungswerk¹ enthaltenen, auf das Henrysche Azimut bezogenen geodätischen Lagen der Stationen mit der Breitenänderung $\delta\varphi = 0,05''^2$ und der Azimutänderung $\vartheta = 17,00''$ auf eine nach den neueren Messungen verbesserte Ausgangslage von München (Frauenturm) umgerechnet, wozu die nötigen Beiwerte³ für je $1''$ Änderung dem Orffschen Werk entnommen werden konnten. Dann wurden die astronomisch bestimmten Lagen und Azimute auf die alten Orffschen Punkte zentriert und die Zahlen in eine Tafel zusammengefaßt.

¹ BLV S. 549–55.

² Dieser Wert entspricht der Breitenbestimmung an der Sternwarte von Pummerer: Neubestimmung der Polhöhe München usw., Wien 1912. Nach Herrn W. Rabe müßte $\delta\varphi = 0,15''$ gesetzt werden: Über die extremen syst. Fehler bei absoluten Deklinationsbeobachtungen. Astr. Nachrichten 5949 Bd. 248, 1933.

³ BLV S. 561–62.

Tafel 1.¹

Station	Breite	$\xi = \varphi' - \varphi$	Länge	$\lambda' - \lambda$	$\sin \varphi$	$\frac{(\lambda' - \lambda) \cdot \sin \varphi}{\sin \varphi}$	w
Asten	$\varphi \ 48^0 \ 5' \ 55,51''$ $\varphi' \quad \quad \quad 54,98''$	$-0,53''$	$\lambda \ 1^0 \ 9' \ 6,80''$ $\lambda' \quad \quad \quad 2,87''$	$-3,93''$	0,744	$-2,92''$	$-1,98''$
Arber	$49^0 \ 6' \ 46,20''$ $\quad \quad \quad 43,37''$	$-2,83''$	$1^0 \ 33' \ 46,27''$ $\quad \quad \quad 35,45''$	$-10,82''$	0,756	$-8,19''$	$4,70''$
Lehnbühl	$50^0 \ 1' \ 8,33''$ $\quad \quad \quad 6,07''$	$-2,26''$	$0^0 \ 39' \ 39,39''$ $\quad \quad \quad 39,35''$	$-0,04''$	0,766	$-0,03''$	$-3,48''$
Altenburg	$49^0 \ 52' \ 51,49''$ $\quad \quad \quad 51,60''$	$0,11''$	$-0^0 \ 42' \ 14,51''$ $\quad \quad \quad 14,56''$	$-0,05''$	0,765	$-0,04''$	$-1,71''$
Hesselbg.	$49^0 \ 4' \ 8,43''$ $\quad \quad \quad 5,82''$	$-2,61''$	$-1^0 \ 2' \ 48,55''$ $\quad \quad \quad 48,26''$	$0,29''$	0,756	$+0,22''$	$1,89''$
Kirchheim	$48^0 \ 10' \ 20,72''$ $\quad \quad \quad 19,38''$	$-1,34''$	$-1^0 \ 5' \ 57,07''$ $\quad \quad \quad 6' \ 0,65''$	$-3,58''$	0,745	$-2,67''$	$2,19''$
München	$48^0 \ 8' \ 20,05''$ $\quad \quad \quad 20,05''$	0	$0^0 \ 0' \ 0,00''$ $\quad \quad \quad 0,00''$	0	0,745	—	0,00

Richtung	Azimut	$\alpha' - \alpha$	$\cot \varphi$	$\cos \varphi$	$\frac{(\alpha' - \alpha) \cdot \cot \varphi}{\cos \varphi}$	η
Asten—Hochgern	$\alpha \ 200^0 \ 0' \ 5,68''$ $\alpha' \quad \quad \quad 0,78''$	$-4,90''$	0,897	0,667	$-4,40''$	$-3,51''$
Arber—Haid	$206^0 \ 50' \ 4,55''$ $\quad \quad \quad 1,06''$	$-3,49''$	0,866	0,655	$-3,02''$	$-5,06''$
Lehnbühl— Ochsenkopf	$272^0 \ 43' \ 27,40''$ $\quad \quad \quad 23,89''$	$-3,51''$	0,839	0,643	$-2,94''$	$-1,48''$
Altenburg—Banz, Gr. Gleichberg ²	$359^0 \ 41' \ 16,22''$ $\quad \quad \quad 14,47''$	$-1,75''$	0,843	0,644	$-1,47''$	$-0,75''$
Hesselberg— Neresheim	$201^0 \ 8' \ 38,77''$ $\quad \quad \quad 40,88''$	$2,11''$	0,867	0,655	$1,83''$	$1,01''$
Kirchheim— Grüntten	$189^0 \ 35' \ 1,94''$ $\quad \quad \quad 1,46''$	$-0,48''$	0,895	0,667	$-0,43''$	$-1,41''$
München— Aufkirchen	$49^0 \ 0' \ 10,00''$ $\quad \quad \quad 9,99''$	$-0,01''$	0,895	0,667	$-0,01''$	—

¹ Die astronomischen Werte dieser Tafel sind nur vorläufige; insbesondere ist bei den Breiten die Verbesserung wegen der Polschwankung noch nicht angebracht. Auch bei den Längen ist die Verbesserung der Zeitsignale noch nicht endgültig. Beträchtliche Änderungen sind aber nicht zu erwarten.

² Hier wurde jeweils das Mittel aus den beiden Azimuten nach Banz und Gr. Gleichberg eingetragen.

Hieraus ergibt sich der jeweilige Widerspruch w gegen die Laplacesche Bedingung in folgender Form: $w = \alpha' - \alpha - (\lambda' - \lambda) \sin \varphi$, wobei α das geodätische Azimut und λ die geodätische, von München ab gerechnete Länge, α' und λ' die entsprechenden astronomisch ermittelten Größen und φ die geographische Breite der Außenstation bedeutet. Bei einer Veränderung des Ausgangsazimutes in München (wofür geodätisches und astronomisches Azimut als zusammenfallend gelten), ändert sich sowohl das geodätische Azimut wie auch die geodätische Länge der Außenstation. Diese Veränderungen können mit den vorhin erwähnten Beiwerten¹ für je 1'' gerechnet werden, wobei sich herausstellt (was sich auch formal begründen ließe), daß sich der Widerspruch w bis auf vernachlässigbare Größen genau um die Änderung des Ausgangsazimuts in München ändert. Deshalb kann das Münchener Ausgangsazimut, das für eine bestimmte Außenstation den Widerspruch gegen die Laplacesche Bedingung zum Verschwinden bringt, durch Hinzufügung des Widerspruchs zu dem der Rechnung zugrunde gelegten Ausgangsazimut München–Aufkirchen ($49^0 0' 10,00''$) gefunden werden. Auf diesem Wege ergeben sich folgende Werte des Azimuts München–Aufkirchen:

ab Asten	$49^0 0' 8,02''$	ab Hesselberg	$11,89''$
ab Arber	$14,70''$	ab Kirchheim	$12,19$
ab Lehnbühl	$6,52''$	ab Sternwarte	$9,99$
ab Altenburg	$8,29''$		

Das einfache Mittel aus diesen 7 Bestimmungen gibt: $49^0 0' 10,23'' \pm 1,08''$. Es bestätigt das Gallesche Azimut bis auf $0,24''$, aber die Sicherheit dieser Bestätigung ist mit $\pm 1,08''$ nicht größer als jene, die schon die Gallesche Ausgleichung der verschiedenen von der Münchener Sternwarte ausgemessenen Azimute ergeben hat. Bei der mittleren Abweichung von $\pm 2,2''$ einer mittelbaren Bestimmung des Münchener Azimutes von einer Außenstation aus sind Zweifel bezüglich des erhaltenen Mittelwertes nicht ganz von der Hand zu weisen, obwohl oder gerade weil die v. Orffsche Ausgleichung der alten bayerischen

¹ BLV S. 561.

Triangulation ein besseres Ergebnis kaum erwarten ließ. Daß aber auch die Verschärfung der Triangulation an dem Ergebnis nichts Erhebliches ändern wird, schließe ich daraus, daß die Widersprüche gegen die Laplacesche Bedingung für die 3 Stationen Asten, Arber und Lehnbühl durch die Neutriangulation im ganzen zwar erheblich kleiner werden, jedoch ihren Charakter beibehalten und im Zusammenhang mit den vier anderen Stationen den Mittelwert des Azimutes München–Aufkirchen zu $49^{\circ} 0' 10,0'' \pm 0,8''$, also fast gleich ergeben.

In der obigen Zahlentafel sind auch noch die Lotabweichungen ξ und η bezüglich München angegeben, wie sie sich aus dem Vergleich des astronomischen mit den geodätischen Bestimmungen nach v. Orff ergeben. Bei der Größe der Laplaceschen Widersprüche ist ihr Betrag freilich recht unsicher und es muß fast als Zufall angesehen werden, daß die Einzelwerte für η aus Länge und Azimut immer im Vorzeichen stimmen. Das Ausmaß der errechneten Lotabweichungen hält sich in den üblichen Grenzen und auch ihre Richtung¹ gibt zunächst zu keinerlei Bedenken Anlaß. Hält man sich jedoch vor Augen, daß die physischen Lote nicht nur der lokalen Massenanziehung zu folgen haben, sondern auch zur Bestimmung des Geoids dienen sollen und demgemäß von einer stetigen Fläche bzw. den ihr fast parallelen Potentialflächen senkrecht geschnitten werden sollen, so entstehen erhebliche Zweifel. Für Meridianprofile,² bei welchen nur die ξ -Werte maßgebend sind, werden die Abweichungen des Geoids vom Referenzellipsoid dadurch bestimmt, daß man die Linie konstruiert, welche die Reihe der gestörten relativen Lotrichtungen senkrecht durchsetzt und deren Abweichung von der Geraden aufsucht, welche zur Reihe der parallel angenommenen ungestörten Lote senkrecht steht. Analytisch läuft das darauf hinaus, daß man den Abstand des meridionalen Geoidprofiles vom zugehörigen Profil des Referenzellipsoides

¹ Vgl. die Pfeile im Bild auf S. 85.

² Ein ausgezeichnetes Beispiel der Berechnung eines solchen Meridianprofiles aus einer großen Zahl dicht gelegener Breitenstationen bietet die Abhandlung von R. Schumann, Vorläufige Untersuchung über ein astronomisches Nivellement bei Laibach in Krain: Astronomisch-geodätische Arbeiten Österreichs für die internationale Erdmessung. NF. Bd. 1. Wien 1922.

durch das $\int \xi ds$ ausdrückt, wobei ds das Linienelement des letzteren Profils ist (von der Unbestimmtheit der Formel für die untere Integrationsgrenze und einem in s linearen Glied, das der absoluten Lotabweichung im Ausgangspunkt des Profils entspricht, sei hier abgesehen). Diese Integralformel läßt sich, wenn man beide Anteile der Lotabweichung kennt und zu einem Vektor $\mathfrak{L} = \xi i + \eta j$ zusammenfaßt, auf beliebig verlaufende Profile ausdehnen, deren Linienelement auf dem Ellipsoid $d\mathfrak{S} = M d\varphi i + N \cos\varphi d\lambda j$ ist (M und N sind die Hauptkrümmungsradien des Ellipsoides). Das $\int \mathfrak{L} d\mathfrak{S}$ drückt auch hier den Unterschied der Geoidabstände zwischen zwei Punkten des Profils aus und es muß verschwinden, sobald die Profillinie geschlossen ist. Nimmt man als Profillinie das geodätische Siebeneck zwischen den sieben Stationen und ersetzt man das Integral genähert durch eine Summe von Produkten längs der sieben Seiten, so wäre von vornherein zu erwarten, daß diese klein wird gegenüber den einzelnen Summanden verschiedenen Vorzeichens. Das trifft nun gar nicht zu; sie wird annähernd doppelt so groß als der größte dieser Summanden. Oder anders ausgedrückt: Geht man um das 686 km im Umfang messende Siebeneck senkrecht zu den Lotlinien herum, so kommt man am Ausgangspunkt mit einer um ungefähr 3 m veränderten Höhe wieder an. Man müßte diese Lotlinien um je 1'' systematisch verändern, um einen Schluß in der Höhe zu erzielen. Die gefundenen Lotlinien haben einen einheitlichen Drall, ähnlich den Erzeugenden eines Drehhyperboloids, die auch keine geschlossene Orthogonaltrajektorie zulassen. So merkwürdig diese Tatsache erscheint, darf man sie doch nicht alsbald Beobachtungsfehlern etwa Fehlern der alten Triangulation zur Last legen, denn sie findet sich auch anderwärts, wo dieses Auskunftsmittel nicht zutrifft; z. B. bei der finnischen Triangulation, bei der fast alle Dreieckspunkte als Laplacesche Punkte bestimmt sind. Ich habe das Siebeneck Lemlaks, Vestlaks, Hanko, Bengtskär, Storskär, Nötö, Prostvik, das unter 60° Breite, fast im Meeresniveau, gelegen ist und 199 km im Umfang hat, daraufhin untersucht und bei den Loten in seinen Eckpunkten einen Drall in entgegengesetzter Richtung gefunden, der einen Höhenschlußfehler von 0,43 m ergibt und zu seiner Beseitigung eine systematische Ver-

besserung der gemessenen Lotrichtungen um $0,44''$ nötig macht. Es liegt nahe, die Verbesserungen der Lotrichtungen so vorzunehmen, daß man die meridionalen ξ -Anteile wegen der größeren Sicherheit ihrer Bestimmung ungeändert läßt und bloß die ostwestlichen η -Anteile so bestimmt, daß sie den Laplaceschen Bedingungen möglichst genügen und zugleich der Höhenschluß erfolgt. Eine solche Ausgleichung kann bei dem finnischen Siebeneck ohne wesentliche Veränderung der Lotabweichungen erfolgen; dagegen wird beim bayerischen Siebeneck die ursprüngliche Verteilung der Lotabweichungen durch die Einführung der Höhenschlußbedingung so gestört, daß man besser davon absieht. Führt man jedoch mit den so erhaltenen an sich unwahrscheinlichen Lotabweichungen die Rückführung der Außenazimute auf das Münchener Ausgangsazimut trotzdem durch, so ergibt sich als Mittelwert des letzteren $49^{\circ} 0' 9,11'' \pm 0,91''$, der sich zwar dem älteren Wert wieder etwas nähert, aber immerhin noch um $1,6''$ größer ist als dieser. Man wird hieraus nur auf eine gewisse Unabhängigkeit der Orientierung des ganzen Netzes vom Betrage der Lotabweichungen in den einzelnen Netzpunkten schließen können.

Als Schlußergebnis der vorausgehenden Ausführungen möge festgestellt werden, daß mit den derzeit vorliegenden Messungen eine genauere Orientierung des bayerischen Hauptdreiecksnetzes als auf $\pm 1''$ nicht möglich ist und daß das Ausgangsazimut München–Aufkirchen zu $49^{\circ} 0' 10,0''$ anzunehmen und einer Neuberechnung des Dreiecksnetzes zugrunde zu legen ist, falls diese von München (nördl. Frauenturm) als Ausgangspunkt, wie bisher, und unter Zugrundelegung des Besselschen Referenzellipsoides erfolgen soll.