

# Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen

Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

---

Jahrgang 1953

---

München 1954

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

## Die Lage des Nullpunktes des alten bayerischen Landesvermessungssystems

Von Max Kneißl in München

Vorgelegt am 4. Dezember 1953

Mit 3 Anlagen

Als Johann Georg Soldner im Jahre 1810 mit der Leitung der 1801 begonnenen bayerischen Landestriangulation beauftragt wurde, wählte er zur Vereinfachung der Berechnung des Dreiecksnetzes an Stelle des Erdellipsoids eine berührende Kugel (Soldnersche Bildkugel) als Bezugsfläche. Auf dieser Kugel wurde das Dreiecksnetz in einem rechtwinklig sphärischen Koordinatensystem berechnet, dessen Achsennullpunkt in der durch die Mitte der Helmstange des nördlichen Frauenturms in München gehenden Lotlinie liegt.<sup>1</sup>

Auf dem Frauenturm haben im Rahmen der alten Hauptnetztriangulation beobachtet Bonne (1801, 1802, 1803, 1805), Fritz 1854, Wieland 1854, Jakob Rathmayer 1855, Eberhard 1870. Die Messungen wurden meist auf Nebenständen in der Turmstube ausgeführt und auf die Helmstange zentriert, d. h. mittels Richtungs- und Entfernungsmessung auf die Helmstange übertragen. Nur Rathmayer beobachtete 1855 zentrisch, wobei der Knopf, der einen Durchmesser von 1,20 m hat, abgenommen werden mußte. Bei Kirchtürmen muß mit Lageänderungen der Helmstange durch Umbau, Winddruck und Senkungen gerechnet werden. Den Frauenturm betrachtete man jedoch für so stabil, daß bei den genannten Messungen keine besonderen Vorkehrungen zur Überprüfung der Unveränderlichkeit der Lage der Helmstange getroffen wurden.

Die alte bayerische Triangulation stützt sich auf die Grundlinie Oberförhring-Aufkirchen, die genau in der Richtung der Hauptdreiecksseite München, nördlicher Frauenturm-Aufkirchen,

---

<sup>1</sup> Vgl. hierzu „Die Grundlagen der bayerischen Landesvermessung“ auf S. 7 der Dienstanweisung für Triangulierung und Polygonierung in Bayern (Tri.Po.DA.), herausgegeben vom Bayer. Landesvermessungsamt 1937.

Turm fällt und mit dieser durch eine Lokaltriangulation verbunden ist. Die Beobachtungen für diese Triangulation, die mit der Haupttriangulation in keinerlei Verbindung steht, wurde 1801 von Bonne ausgeführt. Da die Unterlagen hierzu später nicht mehr aufgefunden wurden, wurde 1870 das Übertragungsnetz zur Verbindung der altbayerischen Grundlinie mit der Hauptdreiecksseite München, nördlicher Frauenturm-Aufkirchen, Turm neu gemessen und eine für die damalige Zeit sehr genaue Übereinstimmung für die Seite München-Aufkirchen gefunden (9763,99 bayer. R. = 28497,10 m – 1870 – gegen 9763,93 bayer. R. = 28496,92 m – 1801 –). Man hatte also auch 1870 noch keinen Grund, eine Veränderung der Helmstange anzunehmen. Das 1873 herausgegebene und im wesentlichen von Carl v. Orff bearbeitete Werk „Die Bayerische Landesvermessung in ihrer wissenschaftlichen Grundlage“ enthält ebenfalls noch keinerlei Hinweise für eine Überprüfung der Unveränderlichkeit der Hochpunkte. Dabei darf daran erinnert werden, daß ein wesentlicher Mangel der alten bayerischen Landestriangulation darin besteht, daß J. G. Soldner der Versicherung und Vermarkung der Hauptdreieckspunkte nur geringes Gewicht beilegte und daß man erst etwa um 1870 versuchte, die etwa zwischen 1801 und 1828 beobachteten Punkte nachträglich zu versichern. Eine grundsätzliche Besserung brachte erst die 1904 durchgeführte Gradmessungstriangulation.

Bei dieser Triangulation wurde auch erstmals die Helmstange des Münchener Frauenturms in die Turmstube abgelotet,<sup>1</sup> be-

---

<sup>1</sup> Der Beobachtungsband III, Gradmessung 1904 des LVA enthält hierzu auf S. 573 folgende Feststellung:

„Zur Überführung der Winkelbeobachtungen auf den drei Stationspfeilern in den Fenstern der Turmstube des nördlichen Frauenturms auf die Helmstangenmitte dicht unter dem Knopf wurde die Helmstangenmitte mittels Theodolits vom Turmpfeiler des K. Katasterbüros und von der Plattform des St. Petersturms direkt auf den Fußboden der Turmstube abgekippt. Der Schnittpunkt der beiden Vertikalebene mit der Horizontalebene der Wächterstube ergab einwandfrei die ideale Helmstangenmitte.

Als dauernde Versicherung für den Nullpunkt des bayerischen Koordinatensystems wurde in dem starken Holzdurchzug der Turmstubendecke ein Kreuz eingefalzt und mit weißer Ölfarbe auf schwarzem Grund leicht sichtbar gemacht. In der Mitte des Kreuzes bezeichnet eine kleine eiserne Schraubenöse den Ablotepunkt.“

sonders versichert und der Versicherungsmarke (= Helmstange 1904) die Koordinaten  $x = 0,00$  m und  $y = 0,00$  m im alten bayerischen Soldnersystem zugeschrieben. Bei dieser Messung wurden auch in der unmittelbar unter der Kuppel gelegenen Turmstube drei solide Beobachtungspfeiler (Pfeiler West, Ost und Süd) errichtet und diese mit dem Ablotepunkt in Verbindung gebracht. Im Jahre 1914 ließ Oberreg. Rat Dr. Clauß für die geplante Erneuerung des bayerischen Hauptnetzes neue Beobachtungseinrichtungen auf dem nördlichen Frauenturm schaffen, in dem er an Stelle der bisherigen, drei neue Pfeiler und außerdem einen weiteren Steinpfeiler in das Nordfenster einbauen ließ. Die Beziehungen der 4 Pfeiler (Übertragungselemente) zum Ablotepunkt (Helmstange 1904) sind der Anlage 2, die vom Bayer. Landesvermessungsamt zur Verfügung gestellt wurde, zu entnehmen.

Die Beobachtungen 1904 (Beobachter Netsch) dauerten vom 3. Juli bis 11. August und waren wegen „abnormer, andauernder Hitze während des ganzen Juli und ersten Hälfte im August sowie der in jeder Visurrichtung vorhandenen zahlreichen, rauchenden Kamine der großen Fabriken und Brauetablissemments ungemein erschwert“, Die Messungen umfaßten die Punkte Schweitenkirchen, Mittbach, Wendelstein, Hohenpeißenberg und Längenmoos.

Die Ergebnisse sind veröffentlicht von M. Schmidt, „Die südbayerische Dreieckskette, eine neue Verbindung der altbayerischen Grundlinie bei München mit der österreichischen Triangulierung bei Salzburg und der Basis von Oberbergheim bei Straßburg“, Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der Bayer. Akademie der Wissenschaften, München 1906, S. 139–149.

Bei der Übertragung der 1920/21 gemessenen neuen Münchener Grundlinie (Dachau-Schleißheim)<sup>1</sup> auf die Hauptdreiecksseite München, nördlicher Frauenturm-Schweitenkirchen, Turm wurden alle Messungen auf und nach dem Frauenturm ebenfalls auf den Ablotepunkt (Helmstange 1904) bezogen. Da alle Be-

---

<sup>1</sup> G. Clauß, Die Längenbestimmung einer neuen Grundlinie für das Bayerische Landesdreiecksnetz im Jahre 1920/21. Sitz.-Ber. der Bayer. Akad. d. Wissensch., Math.-naturw. Abt., München 1930, S. 1–32.

obachtungsprotokolle während des Krieges verloren gingen, kann nicht festgestellt werden ob 1920/21 die Helmstange auf etwaige Lageänderungen untersucht wurde.

Im Zuge des Aufbaus eines einheitlichen Reichsdreiecksnetzes wurde das bayerische Hauptdreiecksnetz zwischen 1936 und 1941 vollständig erneuert<sup>1</sup>. Wegen der zu erwartenden örtlichen Schwierigkeiten wurden dabei auf dem Frauenturm in München keine neuen Beobachtungen durchgeführt und die Beobachtungen aus dem Jahre 1904 unverändert in die Netzausgleichung eingeführt. Einzelmessungen von Winkeln, die 1933 durchgeführt wurden, wurden berücksichtigt. Bei der Ausgleichung des Zentraleuropäischen Netzes wurden alle für München, Frauenturm zwischen 1801 und 1933 beobachteten Winkel unter Beachtung von Gewichten vereinigt und auf den Ablotepunkt (Helmstange 1904) bezogen. Die im Reichsdreiecksnetz I. O. und im Europäischen Hauptdreiecksnetz für München, nördlicher Frauenturm angegebenen Koordinaten beziehen sich also ebenfalls auf die Helmstange 1904, die innerhalb der damaligen Beobachtungsgenauigkeit, sicher mit dem Ausgangspunkt der alten bayerischen Landestriangulation aus den Jahren 1801/1810 identisch ist. Für die Untersuchung kleinerer Veränderungen zwischen 1801 und 1904 fehlen Unterlagen.

Im Frühjahr 1945 wurden die Kuppeln der Frauenkirche bei einem Luftangriff beschädigt. Dabei wurde – weithin sichtbar – der Knopf mit Turmspitze nach Norden abgeknickt. Während die Lage der Helmstange – wie sich aus den nachstehenden Untersuchungen ergibt – unverändert blieb. Die Beschädigungen waren so stark, daß 1953 die alten Kuppeln der Frauentürme abgenommen und durch neue Stahlbetonkuppeln ersetzt werden mußten. Dies gab mir Veranlassung zur Durchführung folgender Arbeiten und Vermessungen:

1. Überprüfung der Lage der alten Helmstangen (1953) Nord und Süd gegenüber dem Ablotepunkt (Helmstange 1904).

---

<sup>1</sup> Vgl. hierzu Heft 4: „Das neue bayerische Hauptdreiecksnetz“ der Schriftenreihe „Das bayerische Landesvermessungswerk“, bearbeitet und herausgegeben im Auftrage des Bayer. Staatsmin. d. Finanzen durch das Bayer. LVA, München 1953.

2. a) Aufbau von zwei Pfeilern A und B aus Ziegelmauerwerk auf die Stahlbetonkuppeln des nördlichen und südlichen Frauenturms.

b) Messung der astronomischen Breite und des Azimuts München, nördlicher Frauenturm-Schweitenkirchen, Turm. Die Beobachtungen fanden auf dem Pfeiler A (Nordturm) statt.

c) Messung eines einheitlichen Richtungssatzes I. O. vom Südturm aus. Bei diesen Messungen wurde der neue Kern-Theodolit I. O. DK-M<sub>3</sub> – ein Theodolit bei dem erstmals Spiegellinsen verwendet wurden – eingehend im Feldgebrauch erprobt.

3. Bestimmung der Zentrierelemente der Beobachtungspfeiler A und B gegenüber dem Ablotepunkt (Helmstange 1904).

4. Überprüfung der Lage der neuen Helmstangen (1953).

5. Überprüfung der Lage des Ablotepunktes nach Abschluß der Bauarbeiten.

6. Feststellung der Meereshöhen der neuen Turmspitzen.

Hier soll nun über die Ergebnisse der Überprüfung der alten und neuen Helmstangen 1953 berichtet werden, während die Berichte über die neue Breiten- und Azimutbestimmung und die Winkelmessung I. O. gesondert erstattet werden.

Bei trigonometrischen Hochpunkten I. O. verlangen die Zentrierungsmessungen besondere Sorgfalt; zudem ist in der Regel zur dauerhaften Versicherung und zur laufenden Überprüfung der Helmstangen und sonstigen Hochpunkte (Turmpfeiler) die Anlage und Koordinierung eines möglichst nahe gelegenen und gut vermarkten Bodenpunktes und eines Turmbolzens erforderlich, der in die Sockelmauern des Turmes eingelassen wird. Diese Punkte (Bodenpunkt und Turmbolzen) sind so auszuwählen, daß mit Hilfe einer geeigneten Hilfsbasis die gegenseitigen Lagebeziehungen (Richtung und Entfernung) untereinander, insbesondere aber gerade gegenüber der Helmstange einfach und jederzeit überprüft werden können. Bei der Frauenkirche ist dies nicht möglich. Mit Rücksicht hierauf wurde ein aus 6 Dreiecken bestehendes Zentralsystem mit dem Zentralpunkt Frauenkirche, nördlicher Turm, und den Punkten

Maximilianeum, Südarkaden, Leuchtbolzen;  
Deutsches Museum, Turm, Leuchtbolzen;  
Dermatologische Klinik, Turm, Leuchtbolzen;  
St. Paul, Turmbalkon, Leuchtbolzen;  
Technische Hochschule, Dachpfeiler Süd-Ost;  
St. Ludwig, Südturm, Leuchtbolzen

erkundet.

Diese Punkte werden dauerhaft mit Leuchtbolzen versichert und eingemessen. Da es sich hierbei um lauter Neupunkte handelte, wurde der Pfeiler Süd-Ost auf dem Institutsbau der Technischen Hochschule zusammen mit dem auf demselben Dache befindlichen Nord-Ost-Pfeiler als Doppelpunkt mit gemessener Entfernung in die Stadttriangulation eingerechnet. Auf dem nördlichen Frauenturm dienten die 4 Beobachtungspfeiler in der Turmstube als Beobachtungs- und Zielpunkte, als Ausgleichungspunkt der Ablotepunkte (Helmstange 1904), auf den alle Stand- und Zielpunktsbeobachtungen zentriert (umgerechnet) werden mußten.

Für die Überprüfung der Helmstangen wurde das Zentralsystem zwangsfrei nach bedingten Beobachtungen ausgeglichen und dann im Anschluß an die anzuhaltende Seite München, nördlicher Frauenturm (Helmstange 1904)–Technische Hochschule, Dachpfeiler Süd-Ost koordiniert. Das Zentralsystem wurde als ein von der Stadttriangulation unabhängiges Lokalsystem mit eigenem Maßstab und eigener Orientierung behandelt. Da die daraus abzuleitenden Zentrierelemente für den Nordturm nur einige Zentimeter, für den Südturm nur rund 25 m betragen, sind die in der Länge und Orientierung der Ausgangsseite nördlicher Frauenturm–Technische Hochschule, Dachpfeiler Süd-Ost liegenden Unsicherheiten belanglos.

Um alle Dreiecke des Zentralsystems schließen und den Horizontschluß im Ablotepunkt überprüfen zu können, mußten noch die Hilfsziele Kirche St. Margareth, Kirche St. Benno, Süd-Ost-Turm und Kirche St. Cajetan vom Frauenturm aus mit beobachtet werden. Die Beobachtungsanordnung für die Ausmessung des Zentralsystems ist den Anlagen 1a und 1b zu entnehmen. Auf allen Außenpunkten wurde mit Wild-T3-Instrumenten, auf den Beobachtungspfeilern im nördlichen Frauenturm mit Rücksicht auf die

engen Raumverhältnisse bei den Anschlußmessungen an den Abloてpunkt mit Wild-T2-Instrumenten gemessen. Die Seiten des Zentralsystems haben eine Länge von etwa 1,0 bis 1,5 km. Um die Winkel möglichst genau zu erhalten, wurde mit Zwangszentrierung unter Benutzung der Wildschen Ausrüstung T 2 gearbeitet. Beobachtet wurden jeweils 6 volle Richtungssätze. Die mittleren Fehler einer in 6 Sätzen beobachteten Richtung liegen zwischen  $\pm 0,8^{\text{ce}}$  bis  $\pm 3,2^{\text{ce}}$ , also fast durchwegs innerhalb einer Sekunde alter Teilung. Dabei ist zu beachten, daß zur Beschleunigung der Messung 7 verschiedene Beobachter (vom Geodätischen Institut der Technischen Hochschule München Dr.-Ing. Eichhorn, Verm.-Ass. Aschauer, Verm.-Ass. Messerschmidt, Dipl.-Ing. Sigl, Dipl.-Ing. Wermann und vom Bayerischen Landesvermessungsamt RVR Lamprecht und Verm.-Ass. Bayer) eingesetzt waren. Das Zentralsystem wurde zweimal vollständig ausgemessen, und zwar vor dem Umbau der Kuppeln vom 8. bis 11. 4. 1953 (Beobachtung I) und nach dem Umbau der Kuppeln am 28. und 29. 10. 1953 (Beobachtung II). Dazwischen wurden am 15. Juli 1953 die Messungen zur Ermittlung der Zentrierelemente für die Beobachtungspfeiler auf den Kuppeln ausgeführt. Diese Pfeiler wurden dann am 16. Juli wieder abgebrochen. Gleichzeitig mit der Ausmessung des Zentralsystems wurden die Beobachtungen nach den alten und neuen Helmstangen ausgeführt.

Im einzelnen waren dabei folgende Berechnungen zu machen:

### 1. Berechnung des Zentralsystems und Bestimmung der Lage der Helmstangen

a) Aufstellung einheitlicher Standtafeln durch Vereinigung der Beobachtungen I und II. Die mittleren Fehler einer Richtung der vereinigten Standtafeln schwanken zwischen  $\pm 0,9^{\text{ce}}$  und  $\pm 2,4^{\text{ce}}$ , sie betragen im Mittel  $\pm 1,5^{\text{ce}}$ .

b) Überführung der auf den 4 Turmpfeilern des nördlichen Frauenturms gemessenen Winkel auf den Abloてpunkt (Helmstange 1904) und Bildung des Horizontschlusses. Der Widerspruch gegen den Horizontschluß (=  $400^{\circ}$ ) von  $+2,3^{\text{ce}}$  wurde



durch gleichmäßiges Verteilen auf die 6 Innenwinkel des Zentralsystems getilgt.

c) Überführung der 6 Außenstrahlen nach den 4 Turmpfeilern auf den Ablotepunkt; Überprüfung der Dreiecksschlußfehler und des Widerspruchs der Seitengleichung. Die Dreieckswidersprüche betrugen der Reihe nach  $w_1 = +0,2^{\text{cc}}$ ,  $w_2 = +1,2^{\text{cc}}$ ,  $w_3 = -2,1^{\text{cc}}$ ,  $w_4 = +3,4^{\text{cc}}$ ,  $w_5 = -1,8^{\text{cc}}$ ,  $w_6 = -0,4^{\text{cc}}$ . Der Widerspruch der Seitengleichung betrug  $+7,8^{\text{cc}}$ . Diese Ergebnisse zeigen, daß bei Kleintriangulationen mit Zwangszentrierung, auch wenn zeitlich weit auseinanderliegende Beobachtungen verwendet und eine ganze Reihe von Beobachtern eingesetzt werden, eine ausgezeichnete Genauigkeit erreicht werden kann.

d) Ausgleichung des Zentralsystems nach dem Boltzschen Entwicklungsverfahren bei der 6 Winkel und eine Seitengleichung zu beachten waren. Aus der Ausgleichung ergab sich ein mittlerer Fehler für die ausgeglichene Richtung von  $\pm 1,0^{\text{cc}}$  und eine maximale Richtungsverbesserung von  $-1,1^{\text{cc}}$ , womit die Güte der Beobachtung und die Genauigkeit der Zentrierung erneut bestätigt wurden.

e) Zur Bestimmung des Maßstabs und der Orientierung des Zentralsystems wurde der Punkt Techn. Hochschule, Dachpfeiler Süd-Ost zusammen mit dem Dachpfeiler Nord-Ost als Doppelpunkt mit gemessener Entfernung im Anschluß an folgende Punkte der Münchener Stadttriangulation: St. Josef (Turm), St. Ursula (Turm), St. Ludwig (Südturm, Helmstange), St. Cajetan (Turm), Frauenkirche (Nordturm), St. Paul (Turm) und St. Benno (Südostturm), nach vermittelnden Beobachtungen ausgeglichen und im System der alten bayerischen Landesvermessung koordiniert. Damit ergeben sich für die Endpunkte der Ausgangsseite folgende Koordinaten:

München, nördl. Frauenturm  
(Ablotepunkt)

$$x = 0,00 \pm 0,00 \text{ (m)}$$

$$y = 0,00 \pm 0,00 \text{ (m)}$$

Technische Hochschule,  
Dachpfeiler Süd-Ost

$$x = +1062,73 \pm 0,03 \text{ (m)}$$

$$y = +385,12 \pm 0,04 \text{ (m)}$$

Die Lage des Nullpunktes des alten bayer. Landesvermessungssystems 241  
und für die Seite und Orientierung folgende Werte und mittlere  
Unsicherheiten:

$$\text{Seite} \equiv s = 1130,359 \pm 0,03 \text{ (m)},$$

Direktionswinkel im Sinne TH-Süd-Ost-Pfeiler-nörtl. Frauenturm, Ablotepunkt  $\equiv \varphi = 277,8668^{\circ} \pm 22^{\text{ce}}$ .

Die diesen Werten anhaftenden mittleren Fehler oder Unsicherheiten sind für die weiteren Berechnungen belanglos.

f) Seitenberechnung und Koordinierung der Außenpunkte des Zentralsystems (Recheneinheit und Grenze  $\pm 1 \text{ mm}$ ).

g) Koordinierung der Helmstange Frauenturm, Nord 1953 (alt und neu) und der Helmstange Frauenturm, Süd 1953 (alt und neu) durch Einzelpunkteinschaltung durch Vorwärtseinschneiden über sämtliche Außenpunkte des Zentralsystems mit Ausgleichung.

Dabei wurde erhalten:

Koordinaten der Helmstange Nord vor dem Umbau:

$$x = -0,007 \text{ m} \pm 3,6 \text{ mm},$$

$$y = +0,003 \text{ m} \pm 2,9 \text{ mm}.$$

Mittlerer Richtungsfehler nach der Ausgleichung:

$$m = \pm 2,7^{\text{ce}}, \text{ größte Verbesserung } v_{\text{max}} = 2,8^{\text{ce}}.$$

Koordinaten der Helmstange Nord nach dem Umbau:

$$x = +0,047 \text{ m} \pm 4,6 \text{ mm}$$

$$y = +0,071 \text{ m} \pm 3,7 \text{ mm}.$$

Mittlerer Richtungsfehler nach der Ausgleichung

$$m = \pm 3,5^{\text{ce}}, \text{ größte Verbesserung } v_{\text{max}} = 4,5^{\text{ce}}.$$

Koordinaten der Helmstange Süd vor dem Umbau:

$$x = -25,140 \text{ m} \pm 3,7 \text{ mm},$$

$$y = -0,459 \text{ m} \pm 3,0 \text{ mm}.$$

Mittlerer Richtungsfehler nach der Ausgleichung:

$$m = \pm 2,8^{\text{ce}}, \text{ größte Verbesserung } v_{\text{max}} = 2,8^{\text{ce}}.$$

Koordinaten der Helmstange Süd nach dem Umbau:

$$x = -25,134 \text{ m} \pm 4,4 \text{ mm},$$

$$y = -0,459 \text{ m} \pm 3,6 \text{ mm}.$$

Mittlerer Richtungsfehler nach der Ausgleichung:

$$m = \pm 3,3^{\text{cc}}, \text{ größte Verbesserung } v_{\text{max}} = 4,2^{\text{cc}}.$$

Gegenseitige Entfernung der beiden Helmstangen:

$$\text{Vor dem Umbau } e_A = 25,137 \text{ m},$$

$$\text{Nach dem Umbau } e_N = 25,187 \text{ m}.$$

h) Überprüfung der Ablotemarke der Helmstange 1904 nach Abschluß der Bauarbeiten. Über dem Durchzug in dem sich die Ablotemarke befindet, wurde eine Stahlbetondecke eingezogen. Meßbare Veränderungen der Marke während der Bauarbeiten konnten nicht festgestellt werden.

## 2. Berechnung der Zentrierelemente für die Beobachtungspfeiler A und B (1953) auf den Kuppeln der Frauentürme

Zur Bestimmung der Koordinaten der Beobachtungspfeiler A und B wurden auf diesen sämtliche Richtungen nach den Außenpunkten des Zentralsystems und von diesen alle Außenrichtungen nach A und B beobachtet. Zur Ausgleichung des Pfeilers A auf dem Nordturm wurden dann alle Beobachtungen auf den Pfeiler A übertragen und gemittelt. Der Abstand beider Pfeiler wurde mit Hilfe einer 2-m-Basislatte optisch gemessen ( $e = 25,161 \text{ m} \pm 0,3 \text{ mm}$ ). Aus der Ausgleichung ergaben sich für den Beobachtungspfeiler A die Koordinaten:

$$x = +0,039 \text{ m} \pm 3,0 \text{ mm},$$

$$y = +0,065 \text{ m} \pm 2,5 \text{ mm},$$

und ein mittlerer Richtungsfehler nach der Ausgleichung von  $\pm 3,1^{\text{cc}}$  und die größte Verbesserung  $v_{\text{max}} = 3,8^{\text{cc}}$ . Damit wird die Exzentrizität des Beobachtungspfeilers A gegenüber dem Ablotepunkt (Helmstange 1904)

$$e_A = 0,076 \text{ m} \pm 2,6 \text{ mm},$$

$$\varphi_{A.0} = 234,404^{\circ}.$$

Durch polare Übertragung mit  $e = 25,161 \text{ m}$  wurden endlich noch für den Pfeiler B auf dem Südturm folgende Koordinaten

$$x = -25,117 \text{ m},$$

$$y = -0,445 \text{ m},$$

und die Exzentrizität gegenüber dem Ablotepunkt (Helmstange 1904)

$$e_B = 25,121 \text{ m}$$

$$\text{und } \varphi_{B.0} = 98,872^{\circ} \text{ erhalten.}$$

### 3. Überprüfung der Meereshöhen der neuen Turmspitzen

Bei der Überprüfung der Turmspitzen wurden folgende Höhen über Normal-Null erhalten:

| Nordturm:                      | Vor dem<br>Umbau: | Nach dem<br>Umbau: |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| Höchster Punkt<br>der Spitze:  | 615,75 m          | 615,82 m           |
| Unterer Ansatz<br>des Knopfes: | 614,31 m          | 614,41 m           |
| Südturm:                       | Vor dem<br>Umbau: | Nach dem<br>Umbau: |
| Höchster Punkt<br>der Spitze:  | 615,66 m          | 615,70 m           |
| Unterer Ansatz<br>des Knopfes: | 614,28 m          | 614,31 m           |

### Schlußfolgerungen

Auf Grund der durchgeführten Vermessungen und Berechnungen läßt sich folgendes feststellen:

1. Die Überprüfung der Helmstange des nördlichen Frauenturms vor dem Kuppelumbau ergab, daß die Helmstange zwi-

schen 1904 und 1953, also in rund 50 Jahren keine Veränderung erfahren hat. Die festgestellten Veränderungen von  $-7$  mm in der Abszissenrichtung und  $+3$  mm in der Ordinatenrichtung liegen innerhalb der Ablote- und Messungsgenauigkeit.

2. Die neue Helmstange (1953) des nördlichen Frauenturms ist gegenüber dem Nullpunkt der Bayerischen Landestriangulation (Ablotemarke = Helmstange 1904) zu bewerten mit  $x = +0,05$  m,  $y = +0,07$  m.

3. Die Koordinaten der Helmstange Süd 1953 vor Umbau der Kuppel weichen von den amtlichen Koordinaten ( $x = -25,04$  m,  $y = -0,70$  m) ab und wären zu berichtigen in  $x = -25,14$  m,  $y = -0,46$  m. Finsterwalder, S.,<sup>1</sup> hatte hierfür bereits 1921 erhalten  $x = -25,11$  m,  $y = -0,45$  m. Damit steht auch fest, daß die Helmstange Süd seit Jahrzehnten keine Lageänderungen erfahren hat.

4. Die Lage der neuen Helmstange (1953) des südlichen Frauenturms stimmt innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit genau mit der Lage der alten Helmstange überein; sie behält daher die Koordinaten  $x = -25,14$  m,  $y = -0,46$  m bei.

5. Vermessungstechnisch wurde der Nachweis erbracht, daß auch über eine sehr genau gemessene Kleintriangulation die Zentrierelemente für Hochpunkte I.O. mit der erforderlichen Genauigkeit von  $\pm 3$  mm erhalten werden können.

6. Der Nordturm der Frauenkirche ist um ganze 7 cm, der Südturm um 4 cm höher geworden; der Nordturm überragt nach wie vor den Südturm um rund 1 dm. Die beiden Helmstangen sind sowohl der Lage als auch der Höhe nach mit kaum zu übertreffender Genauigkeit wieder an der alten Stelle auf die neu erbauten Kuppeln aufgesetzt worden.

Bei der Höhenbestimmung wurde noch unabhängig von der Lokaltriangulation mit Hilfe der Basis für die Höhenbestimmung der Abstand der beiden Turmspitzen zu 25,206 m ermittelt, gegen-

---

<sup>1</sup> S. Finsterwalder, Lage und Höhen von Luftsignalen (Türmen) in München und Umgebung. Veröff. d. Bayer. Komm. f. d. Internationale Erdmessung, München 1921.

über dem oben gefundenen Abstand der Helmstangen zu 25,187 m. Diese erfreuliche Übereinstimmung zeigt, daß Turmspitzen und Helmstangen lotrecht übereinander liegen.

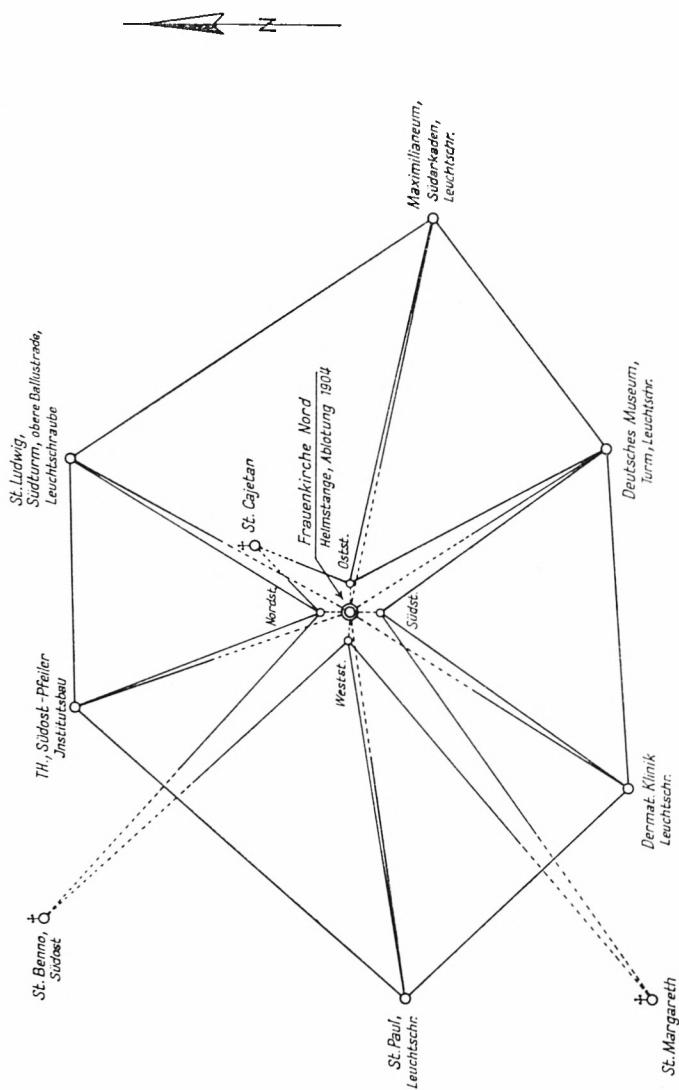
Abschließend kann daher festgestellt werden, daß der Neuaufbau der Kuppeln der Münchener Frauenkirche nicht nur hinsichtlich der bauingenieurtechnischen Leistung, sondern auch vom Standpunkt der Bauwerksvermessung und der Einhaltung der geometrischen Abmessungen als eine Meisterleistung moderner Ingenieurbaukunst anzusprechen ist. Es handelt sich dabei wohl um die ersten Stahlbetonkuppeln, die in 90 m Höhe aufgebaut wurden. Die Radien der Kugelkalotte und der Kugelzonen, aus denen sich die Kuppel zusammensetzt sowie die Stärke der Betonschale – deren Sockel sich von 30 cm auf 12 cm verjüngt, im übrigen nur 8 cm beträgt –, und die Konstruktionshöhen sind der Anlage 3 zu entnehmen.<sup>1</sup>

Die Überprüfung der Lage und Höhe der Helmstangen konnte nur dank der großzügigen Unterstützung durchgeführt werden, die uns die ausführenden Baufirmen: Hoch- und Grundbauunternehmung Dr.-Ing. Th. Brannekämper und Hoch- und Grundbauunternehmung für Hoch- und Eisenbetonbau Dipl.-Ing. Architekt G. Berlinger zuteil werden ließen. Es darf daher an dieser Stelle den Herren Dr. Brannekämper und Dipl.-Ing. J. Berlinger herzlich gedankt werden. Die Firmen haben insbesondere die Errichtung der Beobachtungspfeiler und der Sicherungsgerüste übernommen und die Beobachter bei allen Vermessungen unterstützt. Ebenso gilt unser Dank dem Metropolitanpfarramt zu Unserer Lieben Frau und Hochwürden Herrn Stadtpfarrer Dr. Abenthum, die alle erforderlichen Genehmigungen erteilt haben.

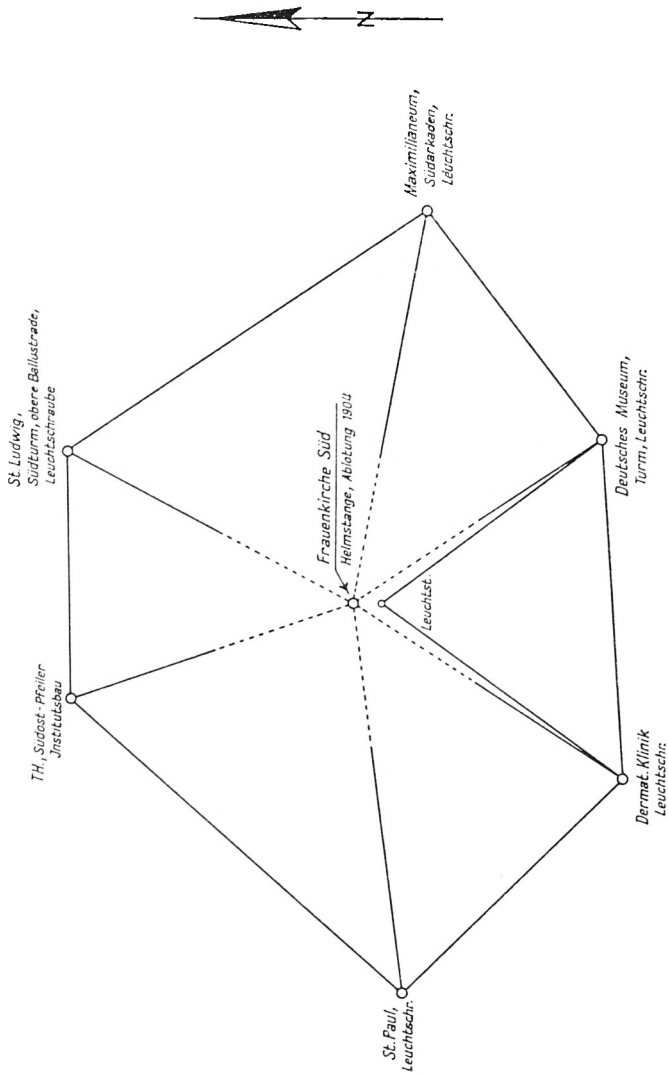
---

<sup>1</sup> Anlage 3 wurde nach den von Herrn Dr.-Ing. Th. Brannekämper zur Verfügung gestellten Konstruktionszeichnungen angefertigt.

## Anlage I a



Anlage 1b

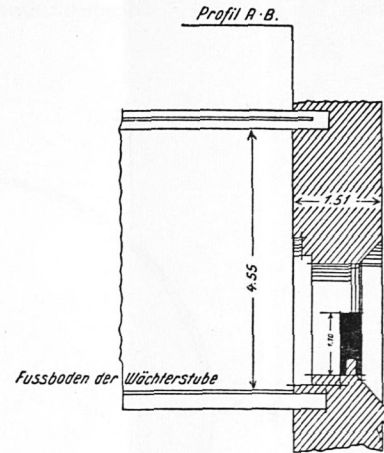


Frauenkirche Süd. Beobachtungsplan

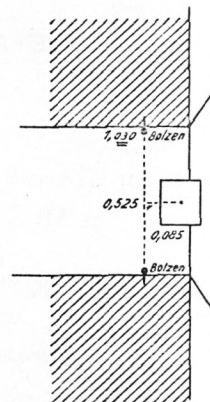




München, Frauenkirche

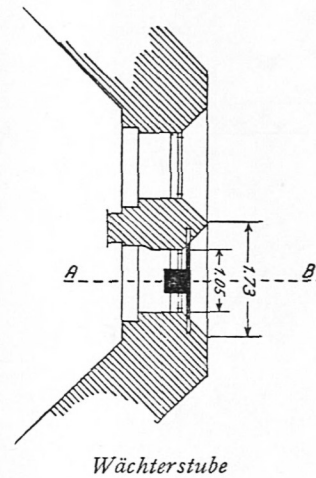
Ansicht vom Pfeilereinbau  
im nördl. Turm

Pfeiler Dimensionen  
 $0,40 \times 0,40 \times 1,10$   
 $0,33 \times 0,33 \times 1,10$



Grundriß

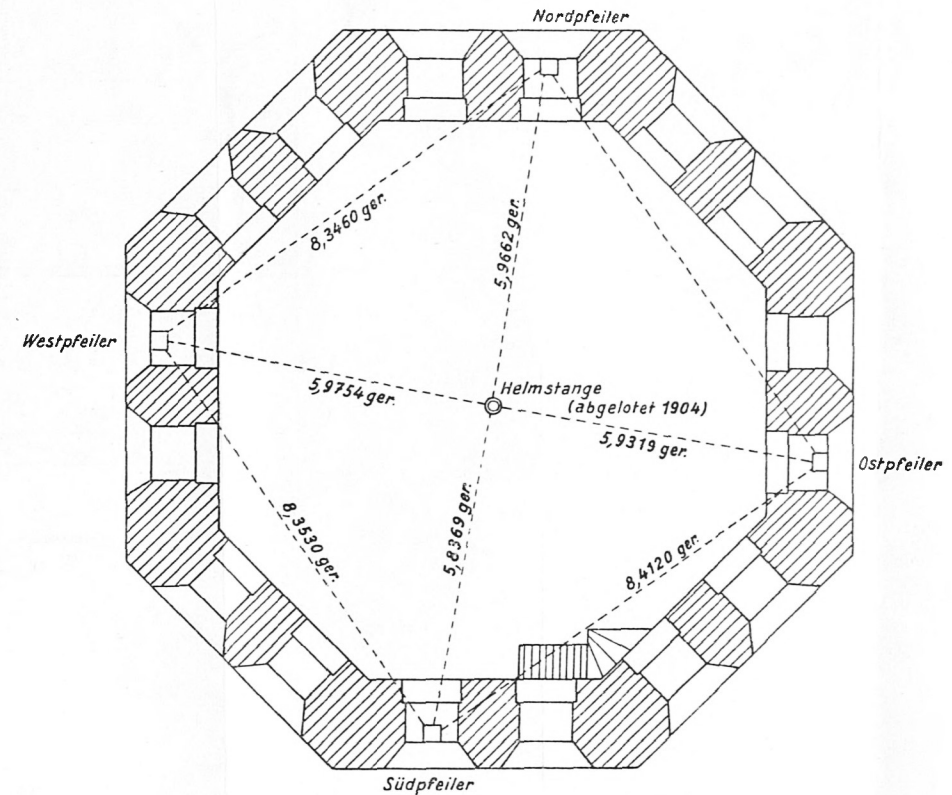
Versicherung d. Bolzens  
auf dem Ostpfeiler



Wächterstube

## HDNP München, Nördl. Frauenturm

Beobachtungsraum in der Turmstube



Der Nullpunkt des bayer. Koordinatensystems wurde im Jahre 1904 durch ein Kreuz im Holzdurchzug der Turmstube bezeichnet, in dessen Mitte eine kleine eiserne Schraube eingelassen ist

