

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

1915. Heft III

November- und Dezembersitzung

München 1915

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Senkungserscheinungen an der Frauenkirche in München und Lageänderung von Hauptdreieckspunkten in Südbayern.

Von **M. Schmidt**

mit 1 Tafel.

Vorgetragen in der Sitzung am 6. November 1915.

Im Jahre 1914 ist an dieser Stelle über die Ergebnisse der Untersuchung von regionalen und lokalen Bodensenkungen im oberbayerischen Alpenvorland auf Grund geometrischer Höhenmessungen durch Feinnivellements berichtet worden, die im Bereich der Inn-Salzachplatte zur Ausführung gekommen sind.

Für den Abschluß dieser Arbeiten schien eine Verbindung der bisherigen Nivellements mit einigen außerhalb des untersuchten Gebietes gelegenen, zuverlässigen Haupthöhenpunkten des bayerischen Präzisionsnivellements und eine Weiterführung derselben bis München erforderlich.

Diese schon im vergangenen Herbst in Aussicht genommenen Arbeiten erlitten durch den Ausbruch des Krieges eine unerfreuliche Verzögerung und konnten erst in diesem Jahre wieder aufgenommen werden.

Sobald es die Witterungsverhältnisse im Frühjahr erlaubten, wurden einige im Stadtbezirk von München gelegene, für den Nivellementsanschluß in Aussicht genommene ältere Haupthöhenpunkte des Präzisionsnivellements auf ihre Unveränderlichkeit sorgfältig geprüft.

Hiebei kamen die folgenden, in der Veröffentlichung „Das Präzisionsnivellement in Bayern rechts des Rheins,

München 1893“ unter den beigesetzten laufenden Nummern aufgeführten Höhenpunkte in Betracht, welchen noch die zur Benützung für spätere Anschlüsse am Friedensdenkmal auf der Prinzregenten-Terrasse neu festgelegten vier Punkte beigelegt sind, die noch keine laufenden Nummern erhalten konnten. Um die seit der erstmaligen Nivellierung der älteren Punkte eingetretenen Höhenänderungen auf einen Blick übersehen zu können, sind den bisher für sie geltenden Höhen über N.N., die in erster Linie stehen, die entsprechenden neu ermittelten Werte und die Unterschiede beider beigelegt worden.

Die Punkte Nr. 1533, 1537, 1548, 1316, 1319 sind wie die Mehrzahl der Hauptfestpunkte des Präzisionsnivelllements durch 10 cm lange und 2 cm starke Messingbolzen mit vorgesetzten gußeisernen Höhenschildern bezeichnet.

Bei den unter Nr. 1321, 1322, 2434, 2435 erwähnten Pfeilern gilt die angegebene Höhe für die wagrecht abgeglichene Oberfläche. Den Punkt Nr. 1540 bezeichnet eine durch ein Quadrat von 10 cm Seitenlänge begrenzte Steinfläche. Die Punkte am Friedensdenkmal sind durch kleine, 5 cm lange und 2 cm starke, mit Bleiringen gut eingestemte Bronzebolzen mit abgerundeten Köpfen festgelegt, auf welche ebenso wie auf die Pfeileroberflächen und die Steinmarke die Nivellierlatten unmittelbar aufgesetzt werden.

Zwischen den in der nachstehenden Tabelle angeführten Punkten ist in den Monaten April, Mai und September 1915 durch die in der Ausführung von Feinnivelllements seit Jahren geübten Beamten des Geodätischen Instituts der K. Technischen Hochschule mit einem dem genannten Institute gehörenden, von der Firma Karl Zeiß in Jena gefertigten, für Feinnivelllements von höchster Genauigkeit bestimmten Nivellierinstrument mit biaxialem Fernrohr und zwei von derselben Firma bezogenen Präzisionsnivellierlatten mit Invarbandteilung ein Verbindungsnivellement in beiden Richtungen ausgeführt worden, dessen Genauigkeitsgrad durch den dabei erreichten mittleren zufälligen Kilometerfehler von $\pm 0,4$ mm gekennzeichnet ist.

Als Ausgangspunkt diente der an einem Mauerpfeiler der

Tabelle I.

Nivellementsanschlusspunkte in und bei München.

Nr.	Höhen über N. N. m	Unter- schied mm	Art und Lage des Höhenpunktes
1533	525,3893 525,3873	— 2,0	⊙ Betriebshauptgebäude in Feldkirchen, Bahnseite.
1537	532,9458	—	⊙ Güterhalle in München-Ostbahnhof, Bahnseite, Mittelbau, südöstlicher Pfeiler.
1540	523,9414 523,9397	— 1,7	□ Eiserne Fachwerksbrücke der München-Braunauer Eisenbahn über die Isar in Giesing, südöstl. Widerlager.
1548	529,0621 529,0596	— 2,5	⊙ Stationshaus in Trudering, Nordseite, neben dem Expeditionseingang.
1321	514,8467 514,8451	— 1,6	√ Polierte Oberfläche des südl. Komparatorpfeilers im Hofe der K. Technischen Hochschule.
1322	514,6702 514,6708	+ 0,6	√ Polierte Oberfläche des nördl. Komparatorpfeilers im Hofe der K. Technischen Hochschule.
2434	529,0203 529,0112	— 9,1	√ Oberfläche des ovalen Beobachtungspfeilers im großen Meridiansaal der K. Sternwarte in Bogenhausen.
2435	535,5378 535,5295	— 8,3	√ Oberfläche des Pfeilers unter der westlichen Kuppel der K. Sternwarte in Bogenhausen.
1316	519,2605 519,2498	— 10,7	⊙ Gebäuder der K. Staatsschuldentilgungskasse rechts vom Eingang am Lenbachplatz.
1319	519,3850 519,3773	— 7,7	⊙ Frauenkirche, nördl. Turm, südl. Wand neben dem Turmaufgang. Friedensdenkmal auf der Prinzregententerrasse, 2. Sockelstufe:
NWE	523,4024	—	└─ nordwestl. Ecke,
SWE	523,4085	—	└─ südwestl. Ecke,
SOE	523,4202	—	└─ südöstl. Ecke,
NOE	523,4199	—	└─ nordöstl. Ecke.

massiv aus Ziegelsteinen gebauten großen Güterhalle in München O.-Bhf durch einen mit Höhenschild gedeckten Messingbolzen versicherte Haupthöhenpunkt Nr. 1537, dessen Höhenlage sich durch die in den Jahren 1913 und 1915 von vorgenannten Beobachtern in beiden Richtungen nach den beiderseits auf der Bahnlinie München-Braunau gelegenen, 4,4 bzw. 4,0 km entfernten Nachbarpunkten Nr. 1540 und 1548 und nach dem auf der Bahnstrecke nach Mühldorf 9,6 km von München O.-Bhf entfernten Punkt Nr. 1533 ausgeführten Feinnivellements als unverändert erwiesen hatte.

Gegenüber der im Jahre 1872 vorgenommenen erstmaligen Nivellierung dieser vier Punkte ergab das wiederholte Nivellement nur Abweichungen von $-1,7$ bis $-2,5$ mm, welche innerhalb der Grenzen der zulässigen Nivellierfehler liegen. Es kann daher die Höhenlage aller vier Punkte als unverändert angesehen werden.

Als besonders zuverlässig und für den Anschluß weiterer Nivellements geeignet, erscheint der auf dem südöstlichen Widerlager der Isarbrücke durch eine in Granit gehauene Steinmarke festgelegte Punkt Nr. 1540.

Die im Jahre 1868 ausgeführte Gründung der Brücke, auf welcher die München-Braunauer Bahn die Isar südlich von München überschreitet, ist in den Technischen Mitteilungen über den Bau der K. B. Staatseisenbahnen von Oberingenieur Schnorr v. Carolsfeld in der Zeitschr. des Bayer. Architekten- u. Ing.-Vereins, III. Bd., 1871, S. 85 ff. eingehend beschrieben.

Hiernach ist die Beschaffenheit des Untergrundes dieses Bauwerkes durch Anwendung des Erdbohrers untersucht worden. Die Bohrungen ergaben bis 3 m Tiefe lockeren Kies, sodann eine 3 bis 3,5 m mächtige Sandschicht, welche so fest gelagert ist, daß sie dem Eindringen der mit der Kunstramme geschlagenen Pfähle ein fast absolutes Hindernis entgegenstellte. Darunter erreichte die Bohrung den Flinz, jenes sandig-mergelige Gebilde, welches als alter Meeresboden in einer bisher noch nicht ergründeten Mächtigkeit das ganze südliche Bayern durchzieht. Die Bohrungen wurden in diesem Material auf unge-

fähr 15 m Tiefe geführt. Die Flinzmasse zeigte sich als ganz gleichartig, nur die oberen Schichten waren etwas blättrig gefügt und weniger gebunden als die tieferen.

Da die Widerlager durch Hochwasserdämme und Uferdeckwerke vor jeder Unterspülung geschützt sind, konnte ein Teil der festen Sandlage unbedenklich unter den von Spundwänden eingeschlossenen, 2 m mächtigen Betonfundamenten belassen werden. Das Mauerwerk besteht von der Betonoberfläche bis zur Bodengleiche aus Nagelfluhquadern und darüber aus Granit, welcher auch die Abdeckung der Widerlager bildet und keinerlei Spuren von Abwitterung bemerken läßt. Die auf einem der Decksteine angebrachte Steinmarke ist daher unbedenklich als sicherer Anschlußpunkt benützt worden.

Die Höhenpunkte Nr. 1321 und Nr. 1322 werden durch die wagrecht abgeschliffenen Oberflächen zweier im Abstand von 160 m erbauten „Komparatorpfeiler“ gebildet, die ursprünglich zur Festlegung einer unveränderlichen Streckenlänge für die Abgleichung geodätischer Längenmaße bestimmt waren.

Die Pfeiler liegen am westlichen Rande der den Hofraum der K. Technischen Hochschule in der Nordsüdrichtung durchziehenden Fahrstraße und sind rund 5 m von den Fluchtlinien der nächsten Gebäude entfernt. Sie sind bis zur Bodengleiche in den aus sandigem Schotter bestehenden Boden versenkt und durch verschließbare gußeiserne Schutzkästen überdeckt. Die unterste, auf den in 6 m Tiefe anstehenden festen Flinz aufgesetzte Fundamentabteilung der Pfeiler wird durch einen 1,6 m hohen und ebenso starken Betonzylinder gebildet. Auf diesen folgt ein vierseitiges Prisma von 3 m Höhe und 1,1 m Geviertseite aus Ziegelmauerwerk, das mit einem Werkstück aus Granit von 0,5 m Höhe und 1 qm Querschnittsfläche abgedeckt ist.

Den Kopf der Pfeiler bildet ein Syenitblock von 0,7 m Höhe und quadratischer Grundfläche von 0,6 m Seitenlänge. Die Oberflächen dieser Blöcke tragen in der Mitte eingesetzte Bronzekegel, deren Achsen die Komparatorlänge begrenzen.

Bei der Auswahl von Hauptfestpunkten für das Präzisionsnivelement sind die polierten Oberflächen dieser Pfeilerköpfe

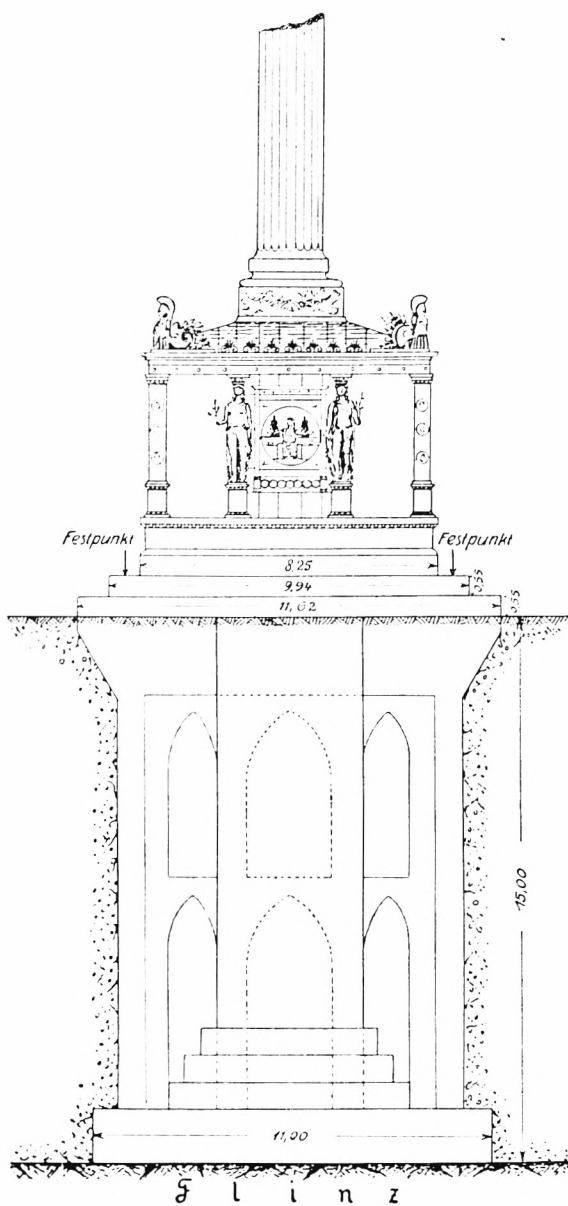
als besonders zuverlässige Höhenpunkte betrachtet und seither vor jeder Veränderung sorgfältig bewahrt worden. Ihre Höhenlage hat sich seit ihrer ersten Nivellierung im Jahre 1870 durch die später vorgenommenen Kanalisations- und Gründungsarbeiten bei der Herstellung umfangreicher Neubauten, die in neuerer Zeit auf dem Gelände der Technischen Hochschule in der Nähe der Pfeiler ausgeführt worden sind, nicht geändert.

Die Punkte Nr. 2434 und 2435 sind ebenfalls durch die wagrechten Oberflächen zweier zur Aufstellung astronomischer Instrumente bestimmter, bereits im Jahre 1818 erbauter Steinpfeiler festgelegt, die, um ihrem Zweck zu entsprechen, besonders sorgfältig gegründet worden sind. Soviel bekannt ist, wurden an diesen Pfeilern seit ihrer Erbauung keinerlei Veränderungen vorgenommen. Durch die Achse des unter der Westkuppel stehenden Pfeilers ist zugleich der Hauptdreieckspunkt der Landesvermessung „München-Sternwarte“ festgelegt.

Auch gegen die Zuverlässigkeit der Höhenmarken Nr. 1316 und 1319 am Gebäude der Staatsschuldenverwaltung und am Nordturm der Frauenkirche bestanden bisher keine Bedenken, weshalb auch diese Punkte für den Anschluß der neuerdings in Oberbayern zur Ausführung gebrachten Feinnivellements beigezogen werden sollten.

Das, wie bereits bemerkt, bei der Höhenmarke Nr. 1537 an der Güterhalle im O.-Bhf München beginnende Nivellement wurde über den Prinzregentenplatz gegen Nord-West durch die äußere Prinzregentenstraße, über die das Friedensdenkmal der Stadt München tragende Prinzregenten-Terrasse und durch die Prinzregent-Luitpoldstraße bis zur Technischen Hochschule an der Arcisstraße geführt und besitzt in seiner Hauptlinie eine Länge von 5,5 km. Von der Prinzregenten-Terrasse aus läuft in nordöstlicher Richtung die 1,6 km lange Abzweigung nach der Sternwarte in Bogenhausen. Ein 2,2 km langer weiterer Zweig führt von der Technischen Hochschule aus in südöstlicher Richtung nach dem Gebäude der Staatsschuldenverwaltung am Lenbachplatz und nach der Frauenkirche.

Am Friedensdenkmal (s. d. Abb.), welches in seinem sicht-



Friedensdenkmal.

baren Hauptteil aus einer mächtigen Steinsäule besteht, die auf ihrem Kapitäl einen vergoldeten Friedensengel trägt, sind als feste Höhenpunkte in den vier Ecken der zweiten Stufe des aus Muschelkalkquadern hergestellten Unterbaues kurze Bronzebolzen mit abgerundeten Köpfen eingesetzt und durch eingestemmte Bleiringe befestigt worden, die ein unmittelbares Aufsetzen der Nivellierlatte gestatten. Diese Höhenpunkte versprechen eine dauernde Unveränderlichkeit, da sie den gleichen behördlichen Schutz wie das sie tragende monumentale Bauwerk genießen und durch die sorgfältige Gründung des massigen Denkmals gegen Höhenänderungen gesichert sind.

Das unterste Fundament des Bauwerks bildet eine 11 m im Geviert messende, 1,5 m starke Betonplatte, welche 15 m unter der Terrassenoberfläche in die auch hier den festen Untergrund bildende Flinzschicht eingebettet ist. Auf dieser Grundplatte bauen sich mächtige, durch Gewölbe verbundene Pfeilerstellungen auf, welche auf einer Plattform den aus drei Stufen von 0,85 m Breite und 0,55 m Höhe gebildeten Unterbau des eigentlichen Denkmals tragen. In die Mitte der diagonal laufenden Gratlinien der 1,81 m langen und 1,42 m breiten Eckquadern der mittelsten Stufe sind die vier Festlegungsbolzen derart eingesetzt, daß sie dem Beschauer des Denkmals nicht in die Augen fallen.

Zu den in Tabelle I zusammengestellten Nivellements-ergebnissen ist noch zu bemerken, daß nach denselben außer den Anschlußpunkten Nr. 1533, 1537, 1540 und 1548 nur noch die Punkte Nr. 1321 und 1322 an den Komparatorpfeilern der Technischen Hochschule bis auf kleine den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zuzuschreibende Unterschiede in ihrer Höhe unverändert geblieben sind.

Was die scheinbaren Änderungen der Punkte Nr. 2434 und 2435 auf den Pfeilern der Sternwarte in Bogenhausen anlangt, so ist im Jahre 1874 nach B. M. IV, S. 22 der Höhenunterschied zwischen der Steinmarke □ 1535 am Sockel der Signalglockensäule (Läutebude) bei Bahnwärterposten Nr. 10 der München-Simbacher Bahnlinie und der Oberfläche des ovalen

Beobachtungspfeilers im Meridiansaal der Sternwarte $+7,0312$ m gewesen; im Jahre 1915 ist derselbe aber vom Anschlußpunkt Nr. 1537 aus durch Neumessung um 9,1 mm größer gefunden worden. Die Länge der zwischen den erstgenannten beiden Punkten liegenden Nivellementsstrecke beträgt 3,81 km.

Nach den älteren im Jahre 1874 geltenden internationalen Bestimmungen sollte bei Feinnivellements der wahrscheinliche Kilometerfehler 3,0 mm und der mittlere Fehler 4,5 mm nicht überschreiten. Für 3,81 km Streckenlänge wird dieser Grenzwert $4,5 \cdot \sqrt{3,81} = 8,8$ mm. Die vorliegende Abweichung von 9,1 mm liegt daher ganz nahe an der zulässigen Fehlergrenze und kann durch zufällige Beobachtungsfehler im älteren Nivellement genügend erklärt werden. Eine Senkung der beiden Beobachtungspfeiler der Sternwarte ist auch deshalb nicht anzunehmen, weil sich ihre relative Höhe völlig unverändert erhalten hat.

Letztere betrug 6,5175 m nach der Messung im Jahre 1874 und 6,5183 m nach jener vom Jahre 1915. Dieser Wert ist das Mittel aus zwei von verschiedenen Beobachtern mit zwei übereinander gestellten Nivellierlatten unter Berücksichtigung der Lattenkorrekturen ausgeführten Messungen, die bis auf 0,4 mm übereinstimmen. Nebenbei mag noch bemerkt werden, daß der im Jahre 1874 benutzte Ausgangspunkt des Nivellements nach der Sternwarte, der am Sockel einer z. Z. nicht mehr vorhandenen Läutebude angebracht war, nicht als zuverlässig betrachtet werden darf. Eine kleine Senkung desselben ist bei der nur oberflächlichen Gründung der Sockelmauer der Läutebude in der Zeit zwischen der Nivellierung der München-Simbacher Bahnlinie im Jahre 1872 und der Ausführung des Nivellements nach der Sternwarte im Jahre 1874 nicht unwahrscheinlich.

Da die fragliche Läutebude inzwischen bei Umbauten an genannter Bahnlinie beseitigt werden mußte, läßt sich eine Veränderung der Höhe der Steinmarke nicht mehr feststellen. Die neu bestimmten Höhen der Oberflächen der beiden Pfeiler

der Sternwarte Nr. 2434 und 2435 können dagegen nunmehr als sicher und unveränderlich betrachtet werden.

Für die Höhenmarke Nr. 1316 an dem im Jahre 1869 errichteten Gebäude der Staatsschuldenverwaltung am Lenbachplatz hat die Neumessung eine Senkung von 10,7 mm ergeben. Die Höhenmarke ist am rechtsseitigen Pfeiler des den Haupteingang des Gebäudes bildenden Torwegs angebracht und besteht aus einem in der Achse durchbohrten Bronzebolzen mit vorgesetztem gußeisernen Höhenschild mit der Aufschrift „Höhenmarke“.

Die Außenwand des Gebäudes steht hart am Rande eines alten, jetzt ausgefüllten und überbauten Stadtgrabens, dessen Verlauf aus älteren Stadtplänen zu ersehen ist. Auf die Flügel des Gebäudes sind zwei Stockwerke, auf den mittleren Teil über dem Torweg dagegen drei Stockwerke aufgebaut, wodurch eine stärkere Belastung der Außenmauern im mittleren Teil des Gebäudes gegenüber den Flügelbauten bedingt ist.

Die nähere Besichtigung des Inneren des Gebäudes ergab, daß die den Torweg an der rechten Seite begrenzende Querwand von der Hauptmauer durch offene Spalten getrennt ist. Solche sind auch im Kellergeschoß an den Gewölbekappen sichtbar und durchsetzen im Erdgeschoß die Sohlbank sowie den Sturz einer Fensteröffnung, welche sich in der Querwand hinter dem die Höhenmarke tragenden Torpfeiler vorfindet. Zur Zeit der Besichtigung waren eben Maurer damit beschäftigt, diese Spalten mit Mörtel zu verstreichen. Es wird also später leicht festzustellen sein, ob sich diese Spalten wieder öffnen und die Senkung der Mauern weiter fortschreitet. Jedenfalls kann die erwähnte Höhenmarke nicht als zuverlässig betrachtet werden.

Der an der Südwand des Nordturms der Frauenkirche angebrachte, durch einen Bronzebolzen mit vorgesetztem Höhenschild versicherte Hauptfestpunkt Nr. 1319 bildet den Endpunkt des im Herbst des Jahres 1870 ausgeführten Nivellements der Bahnlinie Augsburg-München und besteht nunmehr seit 45 Jahren.

Seine Verbindung mit dem durch die Spitze des genannten Turmes festgelegten Normalpunkt der bayer. Landesvermessung und seine Verwendung als Ausgangspunkt des in den Jahren 1892 bis 1894 durch den Observator der K. B. Erdmessungskommission Dr. Carl Oertel ausgeführten Präzisionsnivelements der Kgl. Haupt- und Residenzstadt München verleiht diesem Punkt eine besondere Wichtigkeit.

Die kürzlich ausgeführte Neumessung der Höhenlage dieses Punktes hat in unerwarteter Weise eine Senkung desselben von 7,7 mm ergeben.

Da diese Höhenänderung nicht gut ohne eine Senkung des ganzen Turms denkbar ist, wurde eine eingehende Untersuchung über die Entstehungsweise dieser Senkung gepflogen. Die enorme Belastung des Baugrundes durch die Mauerwerksmassen der Kirche und insbesondere der beiden über der Bodengleiche rund 98 m hohen mächtigen Türme ließ vermuten, daß neben der Senkung auch eine Abweichung der Turmachsen von ihrer lotrechten Stellung und eine entsprechende Lageänderung der Turmspitzen eingetreten sein könne, was mit Rücksicht auf die Benützung der Spitze des Nordturms als Ursprungspunkt des Koordinatensystems der Landesvermessung von großer Bedeutung sein würde.

Die Längsachse der Frauenkirche¹⁾ ist ziemlich genau von Ost nach West gerichtet. Eine durch die Mitte der auf der Westseite der Kirche angebauten Türme gelegte Vertikalebene entspricht der Querachse der Kirche und verläuft in der Nord-südrichtung. Zur Untersuchung der lotrechten Stellung der Türme ist zunächst in einem 68 m westlich vom Nordturm auf der Gehbahn der Augustinerstraße ausgewählten Standort ein Theodolit mit seitlichem Fernrohr aufgestellt und mit diesem in beiden Fernrohrlagen die Mitte zwischen den obersten Enden der Kanten der Türme, welche von halber Höhe ab bis unter

¹⁾ Ausführliche Angaben über die Frauenkirche, besonders in kunsthistorischer Beziehung, finden sich in dem umfangreichen Werk „Die Domkirche zu Unserer Lieben Frau in München“, aus den Quellen dargestellt von Anton Mayer, Benefiziat der Domkirche. München 1869.

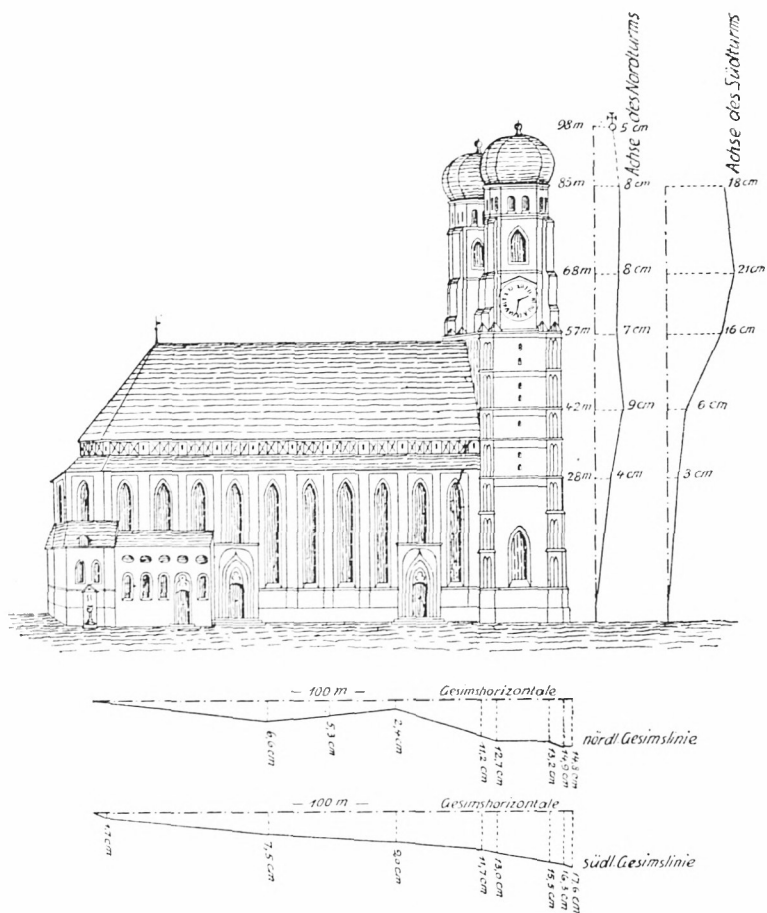
die Hauben die Gestalt von achtseitigen Prismen besitzen, bis auf die Pflasterhöhe am Fuß der Türme projiziert worden.

Die Projektion fällt bis auf einzelne Zentimeter genau mit der Mitte zwischen den Sockelkanten der Westseite der Türme zusammen. Eine seitliche Abweichung der Turmachsen von der Mitte des Sockelmauerwerks am Fuß der Türme ist somit in nordsüdlicher Richtung nicht nachweisbar.

In gleicher Weise wurde die Untersuchung der Stellung der Vertikalachse der beiden Türme in zwei auf der Nord- und Südseite der Türme in 42 bzw. 23,5 m Abstand vom Sockel gewählten Theodolitständen ausgeführt.

In diesen Standorten waren weder die Turmspitzen über dem Knopf noch die Helmstangen sichtbar, da sie durch die Wölbung der Turmhauben verdeckt sind. Es wurden daher die inneren Strebepfeilerkanten des Turmmauerwerks, deren Verlauf in den Abbildungen zu ersehen ist, beiderseits der Mittellinien der Türme in fünf verschiedenen Höhen von 28—42—57—68 und 85 m mit dem vertikalen Faden in beiden Fernrohrlagen eingestellt und durch Kreisablesungen die Abweichungen der Mauerkanten in diesen Höhen von der durch die Mitte des Sockelmauerwerks der beiden Türme laufenden Vertikalen bestimmt. Eine einfache Rechnung ergab die in die Abbildung der Nordseite der Frauenkirche eingeschriebenen Maße.

Nach diesen Maßen ist die Achse des unteren Teiles des Nordturms bis zu 42 m Höhe um etwa 8 Minuten nach Westen geneigt und verläuft von dieser Höhe ab bis zum obersten Mauerkranz unter der Haube nahezu lotrecht. Die Mitte des oberen Endes der den Knopf des Turmes tragenden Helmstange liegt nach einer im Dezember 1909 von Dr. M. Näbauer ausgeführten Einmessung 7 cm südlich und 3 cm östlich vom geometrischen Mittelpunkt des die Turmstube begrenzenden Mauerpolygons. Dieser letztere Punkt ist in der Abbildung als das oberste Ende der Turmachse angenommen worden. Für den Südturm ist diese Einmessung nicht erfolgt und deshalb die Lage des Knopfes in der Zeichnung auch nicht angegeben worden. Beiläufig dieselbe Neigung wie die Achse des Nordturms zeigt



Frauenkirche von Norden.

die Achse des Südturms bis zur Höhe von 57 m, um von hier ab ebenfalls in eine nahezu lotrechte Stellung überzugehen.

Eine Erklärung dieser Erscheinung liefert die Annahme, daß während des Aufbaues der Türme bis zur Höhe von 42 m bzw. 57 m infolge der zunehmenden Belastung des Baugrundes Senkungen desselben stattgefunden haben, die nach Erreichung der angegebenen Turmhöhen zum Stillstand gelangt sind, so daß bei der Fortsetzung des Aufbaues die oberen Teile der Türme keine Störungen in ihrer lotrechten Stellung mehr erlitten haben.

Bei der großen Gleichförmigkeit in der Lagerung der auch hier den Untergrund bildenden Flinzschichten war zu erwarten, daß die eingetretenen Senkungen sich auch auf das Schiff der Kirche ausgedehnt und auch an diesem Neigungsänderungen von ursprünglich wagrecht gerichteten Gesimslinien hervorgerufen haben könnten.

Für eine derartige Untersuchung eignet sich das in beiläufig 4 m Höhe über dem Pflaster rund um das Schiff der Kirche laufende, die Fensteröffnungen nach unten abschließende Sohlbankgesimse. Die Unterkante der Wassernase dieses Gesimses ist in ihrem größten Teil gut erhalten und durch Abwitterung nur an wenigen Stellen beschädigt, so daß ein Nivellement der ursprünglich von den Erbauern der Kirche mit Bleiwage und Setzlatte wagrecht abgeglichenen Gesimslinie gute Anhaltspunkte für eine etwaige nachträgliche Senkung der Umfassungsmauern der Kirche geben muß. Diese Erwartung hat sich erfüllt, wie das in der auf Seite 341 beigefügten Abbildung der Kirche eingetragene Längenprofil der genannten Linie erkennen läßt.

Die mittlere Neigung der Sohlbankgesimslinie auf der Südseite der Kirche beträgt nach unseren Messungen etwa 6 Minuten. Sie ist beiläufig von derselben Größe und verläuft im gleichen Sinn wie die Abweichung des unteren Teiles der Turmachsen von der lotrechten Stellung. Die nördliche Gesimslinie zeigt denselben allgemeinen Charakter, doch macht sich neben dem ersten Seiteneingang auf der Nordseite der

Kirche in ihrem stetigen Verlauf eine Knickung nach oben bemerkbar, die nicht etwa als Messungsfehler erklärt werden kann, wie eine Nachprüfung der Richtigkeit der Messung zeigte.

Die an den Türmen sowie an den Langwänden des Kirchenschiffes nachgewiesenen Neigungsänderungen müssen wohl durch Nachgeben des Untergrundes bei zunehmender Belastung durch die aufgebrauchten Mauerwerksmassen entstanden sein.

Daß diese Senkung keine gleichmäßige ist, sondern nach Westen hin an Größe zunimmt, erklärt sich aus der einseitigen Belastung des Baugrundes durch die an der Westseite der Kirche angebauten mächtigen Türme. Den Anlaß zu der in der Neuzeit beobachteten geringen Senkung der Höhenmarke am Nordturm dürften die in den letzten Jahrzehnten auf dem Frauenplatz in nächster Nähe der Türme ausgeführten Kanalisationsarbeiten gegeben haben.

Die Tragfähigkeit der in 4 bis 5 m Tiefe unter der Bodenoberfläche anstehenden Flinzschichten, auf welche das ganze Bauwerk gegründet ist, dürfte wohl schon zur Zeit der Erbauung der Kirche, die in die Zeit von 1468 bis 1488 fällt, durch einen 5 bis 6 m breiten und 3,5 bis 4 m tief ins Gelände eingeschnittenen alten Stadtgraben, welcher vom Hofgrabenbach durchflossen war, beeinträchtigt worden sein.

Dieser Bach bildete die Fortsetzung des erst vor wenigen Jahrzehnten überwölbten Färbergrabens und war ursprünglich ein Teil der unter Heinrich dem Löwen in den letzten Jahrzehnten des 12. Jahrhunderts begonnenen ersten Stadtbefestigung.

Der Verlauf dieses Stadtgrabens ist in dem im Nationalmuseum aufgestellten, vom Drechsler Jakob Sandtner aus Straubing im Auftrag des Herzogs Albrecht V. für die herzogliche Kunstkammer im Jahre 1570 in Holz ausgeführten Modell der Stadt München, sowie in den älteren Stadtplänen, z. B. in dem im Jahre 1806 durch den Ingenieur-Geographen Jos. Consoni aufgenommenen und durch Carl Schleich meisterhaft in Kupfer gestochenen Plan der Haupt- und Residenzstadt München deutlich zu verfolgen. Er umzieht in einem Viertel-

kreisbogen mit 244,0 m Halbmesser und den Mittelpunktskordinaten $x = -214,7$, $y = -76,5$ m vom Fürbergraben her bis zur Schöfflergasse den Frauenplatz auf der West- und Nordseite der Kirche und nähert sich der Nordwestecke der Kirche bis auf etwa 5 m.

Bei den in den letzten Jahren ausgeführten Fundierungsarbeiten von Neubauten auf alten, über dem Graben liegenden Baustellen am Frauenplatz, hat sich derselbe mit metertiefen schwarzen Schlammsschichten angefüllt gezeigt, in welchen die mit Kunstrammen eingetriebenen Rostpfähle erst bei 8 m Tiefe tragfähig wurden. Die Wände des alten Grabens bestanden, wie die ausgeführten Aufgrabungen, welche Oberstleutnant z. D. Karl Müller in seinen „Fortifikatorischen Studien“ in der illustrierten Wochenschrift „Das Bayerland“, 14. Jahrgang, München 1903, und in mehreren Nachträgen hiezu in den folgenden Jahrgängen näher beschreibt, erkennen ließen, ursprünglich aus mit Rollsteinen und Kalkmörtel ausgefüllten Gußfüllmauern von etwa 1,2 m Stärke und waren streckenweise durch ein aus 7 cm starken Bohlen aus Fichten- und Pfählen aus Eichenholz hergestelltem Beschlächt gestützt. In den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ist der Graben mit einem 3 m im Lichten haltenden Halbkreisgewölbe überdeckt und im Jahre 1912 mit einem völlig in den festen Flinz eingebetteten geschlossenen Sohlkanal mit eirundem Profil versehen worden. Es ist wohl anzunehmen, daß die wenig widerstandsfähigen Grabenwände schon während der Erbauung der Kirche dem beträchtlichen Seitendruck des durch die Mauerwerksmassen der Kirche überlasteten Bodens etwas nachgegeben haben und daß durch Zusammenpressung der Flinzschichten bei wechselnden Grundwasserständen die neuerdings durch Messung sicher festgestellte und in der Abbildung der Kirche näher angegebene Neigung der Turmachsen gegen Westen entstanden ist.

Die im Turmmauerwerk eingetretenen Bewegungen haben zum Aufreißen offener Spalten an den Verbindungsstellen der Türme mit den Langmauern des Kirchenschiffs geführt, die zwar gelegentlich einer im Jahre 1868 vorgenommenen Haupt-

reparatur der Frauenkirche durch Ausstreichen mit Mörtel äußerlich geschlossen worden sind, die aber bei näherer Betrachtung für das scharfe Auge des Baukundigen noch erkennbar sind, während sie allerdings dem flüchtigen Beschauer leicht entgehen können. Diese Risse im Mauerwerk haben besonders an den Leibungslinien der Spitzbögen der den Türmen zunächst gelegenen Fenster auf beiden Langseiten der Kirche kleine Verdrückungen hervorgerufen und lassen sich in ihrer Fortsetzung auch noch in den über den Fensterbögen liegenden Friesfüllungen wahrnehmen.

Nach einer mündlichen Mitteilung des mit der Ausführung der baulichen Erhaltungsarbeiten an der Frauenkirche betrauten Baumeisters J. Burger mußte sogar das die Fensteröffnungen ausfüllende steinerne Maßwerk, das ganz zertrümmert war, ausgewechselt und das zersprungene Mauerwerk über den Fensterbögen mit starken Eisenbändern verbunden werden.

Diese Beschädigungen im Mauerwerk sind durch kleine Senkungen im Fundament der Türme allein nicht ganz erklärlich; es müssen noch andere Kräfte bei diesen Zerstörungen mitgewirkt haben. Solche lassen sich in dem Einfluß der heftigen Weststürme unschwer erkennen, welche mit voller Wucht die gegen Westen frei liegenden Türme treffen und sie in Schwingungen versetzen, an welchen die Langwände der Kirche nicht teilnehmen können. Die Türme mußten sich deshalb an den schwächsten Verbindungsstellen über den Fenstern von den Langmauern trennen. Auch die Bewegungen, welche im oberen Teil des Nordturmes durch die Glockenschwingungen hervorgerufen werden, können bei der Lostrennung der Türme von den Langmauern mitgewirkt haben, wenn auch diese Ursache hier als eine mehr nebensächliche erscheint, da die Glockenschwingungen in der Querrichtung des Kirchenschiffes erfolgen.

Lageänderung der Turmspitze.

Wie bereits angedeutet, ist die Lage der Spitze des Nordturmes der Frauenkirche für die Landesvermessung von besonderer Bedeutung, da die Projektion dieses Punktes auf die

Meeresfläche den Ursprungspunkt des bayerischen Koordinatensystemes bildet. Es soll daher noch näher untersucht werden, ob die an der Frauenkirche beobachteten Senkungserscheinungen nicht auch mit einer Verschiebung dieses wichtigen Punktes in Zusammenhang stehen, die sich bei der Einpassung der neu gemessenen südbayerischen Dreieckskette in das Hauptdreiecksnetz nach den Sitzungsberichten 1910, 11. Abh., Tabelle III, Nr. 6 als Koordinatenänderung des Nullpunktes $dx_0 = + 0,05$ m und $dy_0 = + 0,34$ m ergeben hat, wobei dx_0 und dy_0 als Verbesserungen der Koordinatenwerte der Landesvermessung zu nehmen sind. Diese Änderung entspricht einer Verschiebung der den Nullpunkt bildenden Turmspitze um 5 cm gegen Süden und 34 cm nach Osten, die im Zeitraum zwischen dem Beginn der Ausführung der Landesvermessung im Jahre 1801 bis zum Jahre 1904 eingetreten sein müßte.

Wie a. a. O. näher ausgeführt ist, kann aus den auf dem Nordturm der Frauenkirche in den Jahren 1801/05, 1855/57 und 1904 ausgeführten Winkelmessungen eine Lageänderung des Hauptdreieckspunktes München gegen die ihm benachbarten Hauptdreieckspunkte sowie auch gegen die im Stadtbezirk von München gelegenen, bei der Katastertriangulierung benützten Turmpunkte mit Sicherheit nicht gefolgert werden. Es wurde vielmehr der Meinung Ausdruck gegeben, daß die erwähnte scheinbare Nullpunktverschiebung durch die Fehler der älteren Winkelmessung und die bei der Berechnung umfangreicher Dreiecksnetze vorkommenden sogenannten Netzverschiebungsfehler ihre Erklärung finden müßten. Auch die neuerdings durch Theodolitmessungen vorgenommene Ablotung der den Hauptdreieckspunkt München bildenden Helmstangenspitze des Nordturmes der Frauenkirche bestätigt die erwähnte Anschauung, da die Abweichung dieser Spitze von der Achse des Turmmauerwerkes im Betrag von ca. 5 cm nicht nach Osten, sondern nach Westen fällt und höchstwahrscheinlich schon zur Zeit der Erbauung der Kirche entstanden ist. Das Zusammenfallen der Turmspitze mit der Achse des Turmmauerwerkes ist durch die im Jahre 1904 bei Gelegenheit der Vornahme der Winkel-

messungen auf den in den Fensternischen der Turmstube errichteten Pfeilern durch die daselbst für Zentrierungszwecke sehr sorgfältig ausgeführten Liniennetzmessungen nachgewiesen worden.

Bei der Nachforschung nach etwa vorhandenen Netzverschiebungsfehlern war besonders die Unsicherheit der Lage solcher Dreieckspunkte zu berücksichtigen, die zur Zeit der Landesvermessung mit Pyramidensignalen oder auch durch die auf den Berggipfeln stehenden Holzkreuze bezeichnet waren und erst nachträglich mit Steinen dauerhaft versichert wurden.

Da beim Setzen dieser Versicherungssteine die Pyramiden und Kreuze vielfach zerstört oder in ihrer Stellung verändert waren, konnte die ursprüngliche Lage der Messungspunkte meist nur nach den im Boden noch vorhandenen Resten des Holzwerkes beurteilt werden. Es war daher in vielen Fällen eine scharfe Zentrierung der Versicherungssteine nicht möglich. Die auf den neu versicherten Stationspunkten ausgeführten Winkelmessungen führen daher nicht selten zu kleinen Abweichungen in den daraus berechneten Koordinaten gegenüber den Werten der Landesvermessung. Eine sichere Ermittlung der ursprünglichen Lage der Stationspunkte durch Vergleich der neuen Winkelmessungen mit den ursprünglichen kann aber nur dann ausgeführt werden, wenn die bei den neuen Winkelmessungen benützten Zielpunkte identisch mit jenen der Landesvermessung sind, oder gegen diese mit Sicherheit eingemessen werden können.

Als solche können in der Regel nur die auf Türmen festgelegten Punkte gelten, unter der Voraussetzung, daß die Türme seit der Zeit ihrer früheren Benützung bei der Landesvermessung durch Umbauten nicht verändert worden sind, was übrigens zumeist aus den pfarramtlichen Akten mit Sicherheit festgestellt werden kann.

Bei den kürzlich unternommenen Versuchen, die im westlichen Teil der südbayerischen Dreieckskette in den Jahren 1888 bis 1894 ausgeführten Azimutmessungen mit den im Jahre 1904 vorgenommenen Dreieckswinkelmessungen in Einklang zu bringen,

ergaben sich gewisse Widersprüche, welche begründete Zweifel an der Identität der durch nachträgliche Versicherung festgelegten Hauptdreieckspunkte Aenger und Grünten in Schwaben mit den gleichnamigen Punkten der Landesvermessung erweckten.

Dadurch wurde eine Neuberechnung der Koordinaten des ursprünglichen Ortes der beiden genannten Punkte veranlaßt, wobei die Voraussetzung gemacht wurde, daß die als Ausgangspunkte für die Berechnung gewählten benachbarten Turmpunkte Roggenburg, Kirchheim, Peißenberg und Waldburg seit der Landesvermessung unverändert geblieben seien.

Bei dieser Berechnung kamen sowohl die an den eben genannten Hauptnetzpunkten, als auch die in den zu bestimmenden beiden Punkten neu gemessenen Winkel zur Verwertung.

Da der gegenseitige Abstand der Punkte Aenger und Grünten im Vergleich mit ihrer Entfernung von den genannten Ausgangspunkten wesentlich geringer ist, schien es vorteilhaft, ihre Lage gemeinsam nach dem Verfahren der Doppelpunkteinschaltung zu berechnen und sowohl die in den neu zu bestimmenden Punkten, als auch die in den Turmpunkten beobachteten Winkel zu verwerten; dabei wurden die von letzteren Punkten auslaufenden äußeren Richtungen mit dem Gewicht $\frac{3}{4}$, die auf den neu zu bestimmenden Punkten selbst beobachteten inneren Richtungen mit dem Gewicht 1 in die Ausgleichung eingeführt, welche mit insgesamt 14 Richtungen zur Durchführung gelangte.

Die Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate lieferte den mittleren Richtungsfehler $m = \pm 0.77$ und die wahrscheinlichsten Koordinatenwerte der neu versicherten Stationspunkte nebst den zugehörigen mittleren Fehlern

$$\begin{array}{l} \text{Aenger} \quad \left\{ \begin{array}{l} x = - \quad 45909,41 \pm 0,14 \text{ m} \\ y = + \quad 106022,01 \pm 0,08 \text{ „} \end{array} \right. \\ \text{Grünten} \quad \left\{ \begin{array}{l} x = - \quad 64146,21 \pm 0,18 \text{ „} \\ y = + \quad 94296,02 \pm 0,17 \text{ „} \end{array} \right. \end{array}$$

Berechnet man mit diesen verbesserten Koordinaten die in meiner Abhandlung in den Sitzungsberichten vom Jahre 1910

durchgeführte Netzeinpassung nach dem Verfahren von Helmert aufs neue, so ändern sich die dort in Tabelle III angegebenen Zahlenwerte und man erhält die in nachstehender Tabelle II gegebene Fehlerzusammenstellung, in welcher die früher angewendeten allgemeinen Bezeichnungen beibehalten sind.

Wie zu erwarten war, haben sich durch Einführung der neuen Koordinatenwerte für die Punkte Aenger und Grünten nicht nur deren Koordinatenunterschiede dx und dy und zwar besonders in dy von $+ 87$ cm in $+ 58$ cm bei Aenger und von $+ 84$ cm in $+ 43$ cm bei Grünten, sondern auch die Ordinatenverbesserungen v_y nicht unbeträchtlich vermindert und zwar für Aenger von $+ 47$ cm auf $+ 33$ cm und für Grünten von $+ 41$ cm auf $+ 15$ cm.

Auch die mittleren Netzfehler sind im allgemeinen kleiner geworden. Die scheinbare Verschiebung des Punktes München in der Ordinatenrichtung ist jedoch nur von $- 33$ cm auf $- 30$ cm zurückgegangen und kann im Zusammenhalt mit den früheren Ausführungen dieser Abhandlung nicht als die Folge einer im Laufe des letzten Jahrhunderts eingetretenen Neigungsänderung der Turmachse betrachtet werden, sondern ist nur durch Identitätsfehler in der Lage benachbarter Hauptdreieckspunkte zu erklären, deren Einfluß sich bei der Netzberechnung in der Ordinatenrichtung in ungünstiger Weise angehäuft hat. Hierauf deutet auch die ungleichmäßige Verteilung der Vorzeichen der Ordinatenverbesserungen hin. Die größten Ordinatenverbesserungen von $+ 59$ und $+ 65$ cm zeigen die Punkte Hochgern und Asten, von welchen der erstere bei der Landesvermessung mit einem Pyramidensignal bebaut war,¹⁾ während der Turm der Kirche in Asten ein Kuppeldach mit Holzstuhl von 17,4 m Höhe trägt, welches nach einer Bemerkung in der bei den Akten des Kgl. Landesvermessungsamtes befindlichen alten Stationsbeschreibung beträchtliche Seitenschwankungen aufweist, so daß die bei den älteren Winkelmessungen als Zielpunkt benützte Helmstangenspitze nicht als unveränderlich gelten kann.

¹⁾ Vgl. A. G. A., Heft 2, S. 10.

Tabelle
Fehlerzusammenstellung

Nr.	Stationen	dx	dy	1. Neuberechnung			
		cm	cm	v_x cm	v_y cm	r_x cm	r_y cm
1	Aenger Pyr.	+ 1	+ 58	+ 17	+ 25	— 16	+ 33
2	Roggenburg Turm . .	+ 15	+ 35	+ 11	+ 20	+ 4	+ 15
3	Peißenburg Turm . .	— 25	+ 33	+ 10	+ 30	— 35	+ 3
4	Stauffersberg Pyr. . .	+ 27	+ 2	+ 6	+ 21	+ 21	— 19
5	Altomünster Turm . .	+ 16	+ 9	+ 3	+ 25	+ 13	— 16
6	München n. Fr.-Turm .	0	0	+ 2	+ 30	— 2	— 30
7	Aufkirchen Turm . .	0	0	— 1	+ 30	+ 1	— 30
8	Mitbach Turm . . .	+ 7	+ 8	— 1	+ 32	+ 8	— 24
9	Wendelstein Pyr. . .	+ 33	+ 48	+ 4	+ 37	+ 29	+ 11
10	Hochgern Pyr. . . .	+ 10	+ 100	— 1	+ 41	+ 11	+ 59
11	Asten Turm	+ 4	+ 93	— 5	+ 28	+ 9	+ 65
12	Schweitenkirchen Turm	+ 12	+ 4	— 1	+ 26	+ 13	— 22
13	Kirchheim Turm . . .	— 4	+ 7	+ 10	+ 22	— 14	— 15
14	Grünten Pyr.	— 16	+ 43	+ 18	+ 28	— 34	+ 15
15	München, Sternwarte .	— 7	— 2	+ 2	+ 30	— 9	— 32
		$[dx] = + 73$ $dx_0 = + 5$	$[dy] = + 438$ $dy_0 = + 29$	$\delta = + 0.20''$ $\mu = + 8.8 \cdot 10^{-7}$	$m_x = + 18$ cm		$m_y = + 31$ cm

II.

der Netzeinpassung.

2. Neuberechnung				3. Neuberechnung				Restfehler	
v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	R_x	R_y
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
+ 3	+ 37	- 2	+ 21	- 3	+ 43	+ 4	+ 15	- 3	+ 43
+ 15	+ 30	0	+ 5	+ 15	+ 33	0	+ 2	+ 15	+ 33
- 1	+ 24	- 24	+ 9	- 8	+ 22	- 17	+ 11	- 8	+ 22
- 14	+ 21	+ 13	- 19	+ 16	+ 20	+ 11	- 18	+ 16	+ 20
+ 9	+ 13	+ 7	- 4	+ 9	+ 8	+ 7	+ 1	+ 9	+ 8
+ 2	+ 13	- 2	- 13	- 3	+ 4	+ 3	- 4	- 3	+ 4
+ 3	+ 7	- 3	- 7	0	- 4	0	+ 4	0	- 4
- 1	+ 5	+ 8	+ 3	- 6	- 6	+ 13	+ 14	- 6	- 6
- 11	+ 11	+ 44	+ 37	- 17	+ 12	+ 50	+ 36	- 17	+ 12
.	.	.	.	- 20	- 1	+ 30	+ 101	- 20	- 1
.	.	.	.	- 10	- 11	+ 14	+ 104	- 10	- 11
+ 10	+ 8	+ 2	- 4	+ 9	- 1	+ 3	+ 5	+ 9	- 1
+ 11	+ 28	- 15	- 21	+ 9	+ 29	- 13	- 22	+ 9	+ 29
- 2	+ 37	- 14	- 6	- 11	+ 42	- 5	+ 1	- 11	+ 42
+ 2	+ 12	- 9	- 14	- 3	+ 4	- 4	- 6	- 3	+ 4
$\delta = + 0.20''$ $\mu = - 19.2 \cdot 10^{-7}$				$\delta = + 0.26''$ $\mu = - 31.08 \cdot 10^{-7}$				$M_x = + 10.8 \text{ cm}$ $M_y = + 21.3 \text{ cm}$	
$m_x = + 16 \text{ cm}$				$m_x = + 8.5 \text{ cm}$					
$m_y = + 16 \text{ cm}$				$m_y = + 11 \text{ cm}$					

In Anbetracht der für die örtliche Lage der Punkte Hochgern und Asten bestehenden Unsicherheit sind bei einer weiteren Netzeinpassungsberechnung diese beiden Punkte ganz außer Betracht geblieben, mit dem aus der vorstehenden Fehlerzusammenstellung ersichtlichen Ergebnis, daß die Maximalverbesserung mit $r_x = +44$ cm und $r_y = +37$ cm jetzt der Hauptdreieckspunkt auf dem 1838 m hohen Gipfel des Wendelstein zeigt, woselbst ursprünglich die alte Kapelle als Ganzes, später eine daneben errichtete Holzpyramide und nach deren Verfall ein an ihrer Stelle errichtetes und wiederholt erneuertes Holzkreuz zur Bezeichnung des Dreieckspunktes gedient hat.

Im Jahre 1899 ist dieser Punkt durch Beamte des K. Landesvermessungsamtes mit einem Granitstein neu versichert und über diesem im Jahre 1904 für die Winkelmessungen in der südbayerischen Dreieckskette ein Betonpfeiler mit zentrisch eingesetztem Messingbolzen erbaut worden, welcher nunmehr den Hauptdreieckspunkt Wendelstein bezeichnet.

Bei den vielfachen Veränderungen, welche dieser Punkt seit der Zeit der Landesvermessung erfahren hat, darf man sich nicht wundern, wenn derselbe jetzt nicht unbeträchtliche Koordinatenabweichungen zeigt.

Bei der zweiten Netzeinpassung haben nunmehr die mittleren Koordinatenfehler für beide Achsrichtungen die gleiche Größe erhalten:

$$m_x = m_y = \pm 16 \text{ cm.}$$

Der Richtungsfehler δ ist unverändert geblieben. Der Maßstabfehler $\mu = -19,2 \cdot 10^{-7}$ hat dagegen sein Vorzeichen gewechselt und ist etwas größer als bisher geworden. Für den Normalpunkt München endlich bleibt die ohnehin sehr geringe Abszissenverbesserung dem Wert nach ungeändert, die Ordinatenverbesserung dagegen erhält den wesentlich verminderten Betrag $r_y = -13$ cm, der den mittleren Koordinatenfehler nicht erreicht.

Die große nunmehr auf den Punkt Wendelstein treffende Koordinatenverbesserung, die Unsicherheit der ursprünglichen Punktfestlegung und die mit derselben im Laufe der Zeit mehr-

fach vorgenommenen Veränderungen ließen es indessen angebracht erscheinen, auch diesen Punkt bei der Netzeinpassung als unzuverlässig auszuschalten und eine dritte Neuberechnung ohne den genannten Punkt auszuführen, bei welcher nunmehr die scheinbare Verschiebung des Normalpunktes München in der Abszissen- bzw. Ordinatenrichtung auf $+ 3$ cm und $- 4$ cm zurückgegangen ist. Der mittlere Koordinatenfehler nahm dabei die Werte $m_x = \pm 8,5$ cm und $m_y = \pm 11$ cm an, die Orientierungsverbesserung ist $\delta = + 0,26$ und die Maßstabverbesserung $\mu = - 31 \cdot 10^{-7}$.

Eine Veränderung in der Lage der als Normalpunkt der Landesvermessung dienenden Spitze des Nordturmes der Frauenkirche in München ist somit aus den Ergebnissen der im letzten Jahrzehnt ausgeführten Winkelmessungen und Koordinatenberechnungen nicht nachweisbar.

Die aus der Fehlerausgleichung hervorgehenden Größen r_x und r_y stellen die Verschiebungen der Punkte der Landesvermessung in der Richtung der beiden Koordinatenachsen in der Form von Koordinatenverbesserungen dar, welche nach Beseitigung der systematischen Orientierungs- und Maßstabfehler noch nötig werden, um diese Punkte mit den entsprechenden Punkten der südbayerischen Dreieckskette möglichst gut in Deckung zu bringen. Für die durch Türme festgelegten Punkte überschreiten diese Verbesserungen nur wenig die mittleren Koordinatenfehler.

Weit größere Verbesserungen und zwar im Betrag bis zu 1 m treffen dagegen auf die Ordinaten der am Nordrand des Gebirges und in dessen Vorland gelegenen Punkte, die bei der Landesvermessung mit Pyramidensignalen bebaut waren, und erst nachträglich nach Ablauf mehrerer Jahrzehnte mit Steinen dauernd versichert worden sind, deren Standort nur nach den im Boden noch vorhandenen spärlichen Signalresten bestimmt werden konnte. Die Vorzeichen der Ordinatenverbesserungen dieser Punkte sind überwiegend positiv, was einer regionalen Punktverschiebung gegen Westen entspricht. Doch dürfte es

gewagt erscheinen, hieraus auf eine tektonische Ursache der Lageänderung dieser Punkte zu schließen.

Weit wahrscheinlicher rührt diese scheinbare Punktverschiebung von Beobachtungsfehlern und von der Art der Fehlerausgleichung bei der Berechnung des Dreiecksnetzes der Landesaufnahme her, welche nicht einheitlich für das ganze Netz, sondern in einzelnen zu Polygonen zusammengefaßten Gruppen von Dreiecken erfolgte, die zum Teil eine recht ungünstige Form besitzen und nicht ohne Anschlußzwang zu verbinden waren. Die zur Zeit in Vorbereitung stehende Neutriangulierung von Bayern wird über diese Punktverschiebungen nähere Aufschlüsse bringen.

Berechnet man schließlich mit Hilfe der Werte r_x , r_y die verbesserten Koordinatenwerte der Landestriangulierung für die Punkte der südbayerischen Dreieckskette und vergleicht sie mit den durch die Neumessung erhaltenen Werten durch Bildung ihrer Unterschiede, so erhält man den Charakter unregelmäßiger Fehler tragende Restfehler, welchen die Mittelwerte $m'_x = \pm 11$ cm und $m'_y = \pm 21$ cm entsprechen. Die größten Einzelfehler im Betrag von $+0,43$ m und $+0,42$ m in der Ordinatenrichtung zeigen die nach dem Verfahren der Doppelpunkteinschaltung neu bestimmten Punkte Aenger und Grün-ten, welche wegen ihrer Lage in der südwestlichen Ecke des bayerischen Netzes mit diesem nur durch nach einer Seite gerichtete Strahlen verbunden sind und deshalb gegen einseitige Verschiebung durch Beobachtungsfehler nicht gut gesichert erscheinen. Bei den übrigen, zuverlässig identischen Punkten ist jedoch die gute Übereinstimmung der älteren und neuen Lagebestimmung, welche in der geringen Größe der Restfehler zum Ausdruck gelangt, als eine ganz befriedigende zu bezeichnen.



Frauenkirche von Westen.