Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München

Jahrgang 1952

München 1953

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

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

Untersuchungen von Senkungserscheinungen an der Frauenkirche in München

Von **Max Kneißl** in München

Vorgelegt am 5. Dezember 1952

Mit 2 Abbildungen

Nach einem Bericht von Professor Dr. M. Schmidt[1] wurden im Jahre 1915 durch die Bayerische Kommission für Internationale Erdmessung einige im Stadtbezirk München gelegene ältere Haupthöhenpunkte des Präzisionsnivellements auf ihre Unveränderlichkeit sorgfältig untersucht. Bei dieser Gelegenheit verglich Schmidt insbesondere die Höhe des alten Festpunkts ⊙1319 (neu ⊙2928) in der südlichen Wand (neben dem Turmaufgang) des nördlichen Frauenturms mit den Höhen von neun Punkten des neuen Stadtnetzes, die ebenfalls bereits dem alten bayerischen Präzisionsnivellement angehört hatten. Für diese Untersuchung ließ Schmidt im Jahre 1915 zwischen den in Tab. 1 angegebenen Punkten ein Wiederholungsnivellement ausführen, bei dem sich ein mittlerer zufälliger Kilometerfehler von $\pm 0{,}4$ mm für das Nivellement ergab.[2] Gleichzeitig ließ er vier neue Punkte auf der zweiten Sockelstufe des Friedensdenkmals auf der Prinzregentenstraße anbringen und für spätere Vergleiche mit einmessen. Dann berechnete Schmidt mit den neu ermittelten Höhenunterschieden, ausgehend von der 1893 bestimmten Meereshöhe des alten Festpunkts ⊙1537 (neu ⊙2473 an der Güterhalle im Münchener Ostbahnhof, Bahnseite, Mittelbau, südöstl. Pfeiler), für alle einbezogenen Punkte neue Meereshöhen (Tab. 1, Spalte 3)

[1] Schmidt, M.: „Senkungserscheinungen an der Frauenkirche in München und Lageänderungen von Hauptdreieckspunkten in Südbayern", vorgetragen in der Sitzung vom 6. November 1915 (Sitzungsberichte der mathem.-phys. Klasse der Bayer. Akademie der Wissenschaften 1916, S. 329–354).

[2] Die alte Numerierung entspricht der Veröffentlichung von 1893, die neue Punktbezeichnung wurde später vom Bayer. Landesvermessungsamt eingeführt.

Tabelle 1. Nivellementsanschlußpunkte in und bei München

1 Nr.	2 Höhen über N. N. 1893 (m)	3 Höhen über N. N. 1915 (m)	4 Unterschied (mm)	5 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 Exped.-Eingang
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 westl. Kuppel der K. Sternwarte in Bogenhausen
1316	519,2605	519,2498	—10,7	⊙ Gebäude 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 Prinzregententerr., 2. Sockelstufe:
NWE	523,4024	—	—	⌜· nordwestliche Ecke
SWE	523,4085	—	—	⌞· südwestliche Ecke
SOE	523,4202	—	—	·⌟ südöstliche Ecke
NOE	523,4199	—	—	·⌝ nordöstliche Ecke

und verglich diese mit den entsprechenden Höhen des alten bayerischen Präzisionsnivellements[1] (Tab. 1, Spalte 2). Das Ergebnis dieses Vergleichs zeigt Tab. 1, die dem Bericht Schmidts entnommen ist.

Tab. 1 zeigt, daß sich die in den Jahren 1893 und 1915 bestimmten Höhen der zum Ausgangspunkt ⊙ 1537 (Güterhalle, Ostbahnhof) benachbarten Festpunkte

⊙ 1533 . . . . . Entf. 9,6 km
□ 1540 . . . . . Entf. 4,4 km
⊙ 1548 . . . . . Entf. 4,0 km

nur um —1,7 bis —2,5 mm unterscheiden. Diese Differenzen entsprechen durchaus den Beobachtungsfehlern der ersten Nivellierung. Damit ist umgekehrt auch die Unveränderlichkeit des Ausgangspunktes ⊙ 1537 zwischen 1893 und 1915 erwiesen. Weiter konnte Schmidt die Stabilität der Höhenpunkte ⩛ 1321 (neu 2903) und ⩛ 1322 (neu 2904) aufzeigen. Diese Höhenpunkte wurden durch die waagrecht abgeschliffenen Oberflächen von zwei im Abstand von 160 m erbauten Komparatorpfeilern in der Hochschulstraße der Technischen Hochschule München gebildet. Später wurde der nördliche Komparatorpfeiler als bayerischer Normalhöhenpunkt angenommen. Er hat während des letzten Krieges alle Bombardements gut überstanden, fiel aber schließlich beim Neuaufbau der Hochschule einem Bagger zum Opfer. Für die Höhenmarke am nördlichen Frauenturm dagegen ergab sich aus dem Vergleich der alten und neuen Höhen (1893 bzw. 1915) eine Höhendifferenz von 7,7 mm. Dieser Höhenmarke kommt besondere Bedeutung zu. Sie bildete den Endpunkt des 1870 ausgeführten Nivellements der Bahnlinie Augsburg—München und 1892–1894 den Ausgangspunkt für das von der Bayerischen Erdmessungskommission ausgeführte erste Präzisionsnivellement der Stadt München.

Schmidt glaubte, die Höhendifferenz von 7,7 mm auf eine Senkung des ganzen Turmes zurückführen zu können und ver-

[1] Oertel, C.: „Das Präzisionsnivellement in Bayern rechts des Rheins", Veröffentl. der Bayer. Kommission für die Internationale Erdmessung, München 1893.

mutete, daß neben der Senkung auch eine Abweichung der Turmachsen von ihrer lotrechten Stellung und eine entsprechende Lageänderung der Turmspitzen eingetreten sei. Zum Nachweis dieser Änderungen führte Schmidt eine besondere Einmessung der Turmachsen und ein Nivellement der Sohlbankgesimslinien des Kirchenschiffes durch. Diese Messungen ergaben nach Schmidt für den unteren Teil des Nordturms bis zu 42 m Höhe eine Neigung um etwa 8 Minuten nach Westen. Von dieser Höhe ab bis zum obersten Mauerkranz verläuft die Achse nahezu lotrecht. Ebenso ergab sich für den Südturm bis etwa 57 m Höhe für die Turmachse dieselbe Neigung und von hier ab eine nahezu lotrechte Stellung. Ebenso fand Schmidt für die Sohlbankgesimslinie auf der Südseite des Kirchenschiffs eine mittlere Neigung von rund 6 Min. Auch die nördliche Gesimsseite zeigte denselben allgemeinen Charakter. Weiter weist Schmidt noch darauf hin, daß die im Turmmauerwerk eingetretenen Bewegungen zum Aufreißen offener Spalten an den Verbindungsstellen der Türme mit den Langmauern des Kirchenschiffs geführt haben.

Trotz der lückenlosen und verblüffenden Beweisführung Schmidts hatte ich Bedenken gegen die Schlußfolgerung, daß die Türme, die zwischen 1468 und 1488 erbaut wurden, zwischen 1870 bzw. 1893 und 1915, also in einem Zeitraum von einigen Jahrzehnten, sich um 7,7 mm gesenkt haben sollten. Dabei ist zu beachten, daß dem alten bayerischen Präzisionsnivellement ein mittlerer Kilometerfehler von etwa $\pm$ 2 mm zukommt; dies ergibt für ein Nivellement von 8 km Länge – dies entspricht etwa der Entfernung des Ausgangspunkts ⊙ 1537 von der Frauenkirche – schon eine Unsicherheit von rund 6 mm. Damit kann die Differenz von 7,7 mm ohne weiteres aus Beobachtungsfehlern des Nivellements erklärt werden. Weiter hatte ich Bedenken gegen die Auslegung der Messungsergebnisse bei der Untersuchung der vertikalen Turmachsen. Ich habe daher zunächst die Höhenlage der Höhenmarke am nördlichen Frauenturm mit Hilfe späterer Messungen überprüft, die vom Bayer. Landesvermessungsamt in den Jahren 1926, 1947 und 1952 durchgeführt wurden. Dabei konnte die Messung von 1926 noch an die alte Höhe des Festpunktes Güterhalle—Ostbahnhof angeschlossen werden. Der Festpunkt Güterhalle—Ostbahnhof und der Komparatorpfeiler

Tabelle 2. Vergleich von identischen Höhenfestpunkten in München längs der Linie ⊙ Güterhalle Ostbahnhof – ⊙ Frauenkirche

Nr.	Bezeichnung	s km	1893 m	1915 m	1926 m	1947 m	1949 m	1952 m
2473	⊙ Güterhalle Ostbahnhof		**532,9458**	**532,9458**	**532,9458**		**532,9458**	
862	⊙ Elsässerstr. 11	0,709			531,0494			531,0400
941	⊙ Flurstr. 2	0,340			529,7091			529,7056
940	⊙ Äußere Wiener Straße 82	0,137			529,3941			529,3876
969	⊙ Trogerstr. 12	0,345			525,1971			525,1927
938	⊙ Trogerstr. 32	0,239			524,5324			524,5272
713	⊙ Äußere Prinzregentenstr. 10	0,360			523,2849		523,2839	523,2787
2380	⊙ Äußere Prinzregentenstr. 1	0,196			522,8880		522,8898	522,8854
2893	⊡ Friedensdenkmal SO	0,176		523,4202	523,4269		523,4269	523,4222
2894	⊡ Friedensdenkmal NO			523,4199	523,4262			523,4211
2895	⊡ Friedensdenkmal SW			523,4085	523,4092			523,3932
2896	⊡ Friedensdenkmal NW			523,4024	523,4029			523,3865
915	⊙ Prinzregententerrasse	0,037			522,2271			522,2248
914	⊙ Prinzregententerrasse	0,362			514,3857			514,3806
913	⊙ Prinzregentenstr. 50	0,300			511,2654			511,2597
745	⊙ Prinzregentenstr. Brücke	0,913			510,5450			510,5413
254	⊙ Ludwigstr. 25	0,800			514,7659			514,7623
255	⊙ Ludwigstr. 11	0,172			514,8784			514,8760
310	⊙ Theresien-Barerstr.	0,624			514,9602	514,9579		514,9583
321	⊙ Theresienstr. 37	0,120			515,0849	515,0808		
1676	⊙ Arcis-Theresienstr.	0,201				515,3790		515,3800
2904	⊻ T. H. Nördl. Komparator	0,053	514,6702	514,6708	514,6704			
2903	⊻ T. H. Südl. Komparator	0,160	514,8467	514,8451	514,8471	**514,8471**		
348	⊙ Gabelsbergerstr.	0,071			515,4552	515,4565		**515,4565**
369	⊙ Barerstr. 5	0,779			516,8058	516,8045		
2926	⊙ Staatsschuldentilgungskasse	0,306	519,2605	519,2498	519,2525			
43	⊙ Maxburgstr.	0,163			518,3451	518,3395		
1	⊙ Frauenplatz 1	0,418			518,1239	518,1224		518,1234
2928	⊙ Frauenkirche nördl. Turm	0,048	519,3850	519,3773	519,3826	519,3800		519,3815
	Summe	8,029						
	⊻ Beob.-Pfeiler Sternwarte Meridiansaal		529,0203	529,0112			529,0175	

Nord gingen während des Krieges bzw. nach dem Krieg verloren. Zur Sicherung des Landeshorizonts wurde daher 1947 der südliche Komparatorpfeiler nochmals mit der Höhenmarke am nördlichen Frauenturm verbunden und ihre Höhe ausgehend von der alten Höhe des südlichen Komparatorpfeilers, neu berechnet. Mit Hilfe der Rückversicherungsmarke, Höhenbolzen 348, Gabelsbergerstraße für den südlichen Komparatorpfeiler, konnte auch das 1952 durchgeführte Präzisionsnivellement in das alte Höhensystem eingerechnet werden. Die 1915 in den Sockel des Friedensengels eingebrachten vier Höhenmarken können für einen Vergleich nicht mehr herangezogen werden, weil sich das ganze Friedensdenkmal trotz seiner bis zu 15 m Tiefe reichenden Fundierung gegen die Isar zu – offenbar wegen der Hanglage – merklich neigt. In Tab. 2 sind nun die Ergebnisse der verschiedenen Nivellements einander gegenübergestellt.

Dabei ergeben sich für die alte Höhenmarke am nördlichen Frauenturm folgende Höhen

1870/75	1915	1926	1946	1952
1893				
519,3850	519,3773	519,3826	519,3800	519,3815
519,3812		519,3814		

oder im Mittel 519,3813 m.

Damit ist eindeutig erwiesen, daß die von Schmidt 1915 angenommene Senkung des nördlichen Frauenturms nicht reell ist. Der nördliche Frauenturm hat vielmehr zwischen 1893 und 1952 seine Höhenlage außerordentlich gut gehalten. Die für die Höhen der Höhenmarke am nördlichen Frauenturm 1893 bzw. 1915 festgestellten Höhendifferenzen von +3,7 bzw. −4,0 mm gegenüber dem endgültigen Mittelwert sind aus den Unsicherheiten der damaligen Messungen zu erklären.

Ebenso entsprechen die 1926, 1947 und 1952 gegenüber dem Mittelwert von 519,3813 aufgetretenen Differenzen durchaus der heutigen Beobachtungsgenauigkeit. Zudem ist zu beachten, daß die alte Höhenmarke am nördlichen Frauenturm durch einen horizontal eingebrachten 10 cm langen und 2 cm starken Messing-

bolzen mit zentrischer Bohrung und vorgesetztem gußeisernen Höhenschild versichert ist. Diese Lochmarken werden für die Versicherung der Festpunkte moderner Nivellements nicht mehr verwendet, weil ein sauberer Höhenanschluß sehr schwierig ist. Mit Rücksicht hierauf wurde die alte Höhenmarke am nördlichen Frauenturm 1926 durch einen modernen horizontalen massiven Mauerbolzen (Punkt 1, Frauenplatz 1) rückversichert.

Ich habe nun auch noch weiter die Stellung der Vertikalachsen der Frauentürme untersucht, indem ich 1952 die entsprechenden Schmidtschen Messungen unter möglichst enger Anlehnung an die damalige Schmidtsche Anordnung wiederholen ließ.

Die Längsachse der Frauenkirche verläuft von Ost nach West. Die Türme sind an der Westseite angebaut. Legt man eine Vertikalebene durch die Mitten der beiden Türme, so entspricht diese der Querachse der Kirche in der Nordsüdrichtung. Zur Untersuchung der lotrechten Stellung der Türme projizierte Schmidt in einem 68 m westlich vom Nordturm auf der Gehbahn der Augustinerstraße ausgewählten Standort mit einem Theodolit die Mitte zwischen den obersten Enden der Kanten der Türme, welche von halber Höhe ab bis unter die Hauben die Gestalt von achtseitigen Prismen besitzen, bis auf die Pflasterhöhe am Fuß der Türme. Die Projektionen fielen bis auf einzelne Zentimeter mit der Mitte zwischen den Sockelkanten der Westseite der Türme zusammen, so daß Schmidt zu dem Ergebnis kam, daß eine seitliche Abweichung der Turmachsen von der Mitte des Sockelmauerwerks am Fuße der Türme in nordsüdlicher Richtung nicht nachweisbar ist.

Schmidt untersuchte dann noch in gleicher Weise die Stellung der Vertikalachse der beiden Türme in zwei auf der Nord- und Südseite der Türme in 42 m bzw. 23,5 m Abstand vom Sockel gewählten Theodolitstandorten. Da in diesen Standorten weder die Turmspitzen noch die Helmstangen sichtbar waren, maß Schmidt in fünf verschiedenen Höhen von 28–42–57–68 und 85 m die Winkel zwischen den inneren Strebepfeilerkanten des Turmmauerwerks und der Mitte des Sockelmauerwerks und berechnete mit Hilfe dieser Winkel und der horizontalen Entfernungen zwischen den Instrumentenstandorten und der Nord- bzw. Südseite der beiden Türme die Abstände der Mitten der inneren

Strebepfeilerkanten von der durch die Mitte des Sockelmauerwerks der beiden Türme verlaufenden Vertikalen. Damit erhielt er die in der Abb. 1 angegebenen Abweichungen.

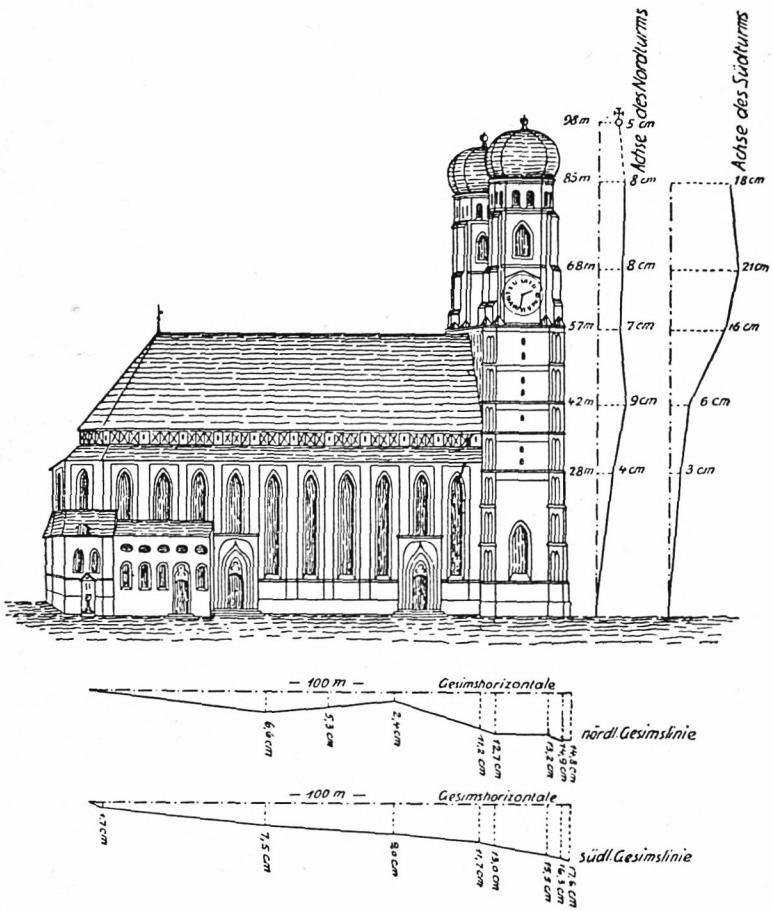

Abb. 1. Frauenkirche von Norden

Ich habe nun diese Messungen wiederholen lassen und die Theodolitstände so ausgewählt, daß sie etwa in zwei sich und die Turmseiten senkrecht schneidenden Vertikalebenen durch die Turmachsen liegen. Dies ließ sich nur für den Nord-, nicht aber

für den Südturm erreichen. Da zudem die Sichten nach dem Sockel des Südturms durch Bauhütten verdeckt waren, wurden die Nachmessungen auf den Nordturm beschränkt.

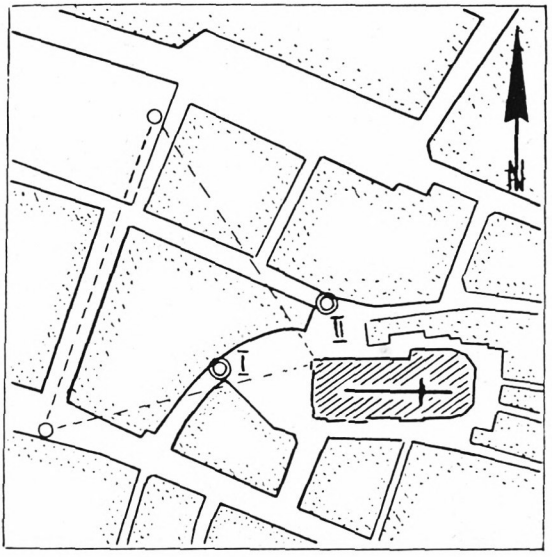

Abb. 2. Lageskizze

Der Beobachtungsstand I wurde wie bei Schmidt an der Südseite der Torausfahrt des Polizeigebäudes, Augustinerstraße 2, in einer Entfernung von rund 69 m vom Nordturm aus gewählt. Es wurden in sechs verschiedenen Höhen von 4–23–38–54–67–85 m jeweils vier Kanten (innere und äußere Strebepfeilerkanten) der Westseite des Nordturms, die nach Anlage des Turmes symmetrisch zur Turmachse liegen müßten, mit dem Theodolit angezielt und die Richtungen, die sie mit einer festen Mire bilden, in je drei Sätzen beobachtet. Damit konnten diese Kanten rechnerisch auf die Vertikale durch die Mitte der inneren Strebepfeilerkanten in Höhe des untersten Fenstergesimses (Höhe etwa 4 m) bezogen werden. Die Mitte des untersten Fenstergesimses konnte dabei nur aus dem Abstand der inneren Pfeilerkanten ermittelt werden, weil das Hauptportal ohne Absatz an die innen liegenden Pfeiler der beiden Türme anschließt und eine scharfe Markierung der Pfeileraußenkante nicht zuläßt.

Tabelle 3. Stellung der Turmachse (Westseite des nördlichen Frauenturms)

Strebepfeiler	Außenkanten			Innenkanten			Mittlere Differenzen für Außen- und Innenkanten		Abweichung der Gesimsmitten von der ideellen Turmachse
Zielbezeichnung	Richtungswinkel links / rechts Mitte	Differenz der Gesimsmitten gegenüber dem Gesims a)		Richtungswinkel links / rechts Mitte	Differenz der Gesimsmitten gegenüber dem Gesims a)				
	g (Neugrad)	in c (Neumin.)	in cm	g (Neugrad)	in c (Neumin.)	in cm	in c (Neumin.)	in cm	in cm
Gesims a)	—			6,030					
in 4 m Höhe	—			12,462					
	9,246	0	0	9,246	0	0	0	0	+2,7
Gesims b)	2,935			5,975					
in 23 m Höhe	15,522			12,494					
	9,228	—1,8	—2,0	9,234	—1,2	—1,3	—1,5	—1,6	+1,1
Gesims c)	3,165			5,963					
in 38 m Höhe	15,274			12,493					
	9,219	—2,7	—2,8	9,228	—1,8	—2,0	—2,2	—2,4	+0,3
Gesims d)	3,449			6,035					
in 54 m Höhe	14,994			12,423					
	9,222	—2,4	—2,6	9,229	—1,7	—1,8	—2,0	—2,2	+0,5
Gesims e)	3,798			5,071					
über der Turmuhr	14,544			13,346					
in 67 m Höhe	9,171	—7,5	—8,2	9,208	—3,8	—4,1	—5,6	—6,1	—3,4
Turmstubenkanten	3,763			6,850					
und Haube	14,619			11,599					
in 85 m Höhe	9,191	—5,5	—6,0	9,224	—2,2	—2,4	—3,8	—4,2	—1,5
							$\Sigma = \frac{16,5}{6}$		[+] = 4,6
							$= +2,7$		[—] = 4,9

Auf diese Weise wurden die in Tab. 3 zusammengestellten Abweichungen der Mitten der einzelnen Gesimse von der Vertikalen durch die Mitte des untersten Gesimses erhalten. Im einzelnen enthält Tab. 3 in Spalte 1 die Zielbezeichnungen, in den Spalten 2 und 4 die auf die Mire bezogenen Richtungswinkel in Neugrad für die Außen- und Innenkanten sowie für ihre Mitten. Die Spalten 3 und 5 zeigen die Unterschiede der Gesimsmitten gegenüber der Vergleichsvertikalen durch das unterste Gesims im Winkelmaß (Neuminuten) und linear in Zentimetern. Die linearen Abweichungen betragen für die Außenkanten bis zu 8 cm, bei den Innenkanten bis zu 4 cm. Dabei ist zu beachten, daß die Genauigkeit der Beobachtung und Berechnung dieser Differenzen bei etwa $\pm$ 1 cm liegt, wenn man von der Unschärfe der Kanten absieht. Die Außenkanten sind etwas stärker abgenutzt wie die Innenkanten, wobei die Abnutzung mit der Höhe zunimmt. Im übrigen zeigen die Unterschiede der Mitten zwischen Innen- und Außenkanten, die zwischen 0,7 und 4,1 cm liegen, daß die Breiten und die symmetrische Anlage der Strebepfeiler von Haus aus Differenzen von 1 bis 4 cm aufweisen.

Unter Beachtung dieser kleinen handwerklichen Ungenauigkeiten im Turmmauerwerk dürfen wir die für die Außen- und Innenkanten ermittelten Werte einfach mitteln und erhalten damit mittlere Abweichungen, die in Spalte 6 der Tab. 3 zusammengestellt sind. Da alle diese Abweichungen dasselbe Vorzeichen aufweisen, ist es notwendig, die Lage der Vergleichsvertikalen zu verbessern, indem wir die Summe aller Abweichungen bilden und durch die Anzahl der eingemessenen Gesimse dividieren. Damit liegt die ideelle Turmachse zwischen rund 20 bis 50 m Höhe von Westen her betrachtet genau in der Bauwerksachse; im Sockel des Turmes und in etwa 70 m Höhe weicht sie um rund 3 cm nach Süden bzw. nach Norden aus. In Höhe der Turmstube fällt sie wieder ziemlich genau mit der Bauwerksachse zusammen. Die festgestellten Abweichungen lassen nicht auf eine Neigung des Turms, sondern vielmehr auf kleine Abweichungen des Mauerwerks vom Sollmaß schließen, die aber so klein sind, daß sie den Baumeistern der Frauentürme nur zur Ehre gereichen können.

Tabelle 4. Stellung der Turmachse (Nordseite des nördlichen Frauenturms)

Strebepfeiler	Außenkanten			Innenkanten			Mittlere Differenzen für Außen- und Innenkanten		Abweichung der Gesimsmitten von der ideellen Turmachse
Zielbezeichnung	Richtungswinkel links / rechts Mitte	Differenz der Gesimsmitten gegenüber dem Gesims a)		Richtungswinkel links / rechts Mitte	Differenz der Gesimsmitten gegenüber dem Gesims a)				
	g (Neugrad)	in c (Neumin.)	in cm	g (Neugrad)	in c (Neumin.)	in cm	in c (Neumin.)	in cm	in cm
Gesims a)	21,507			26,549					
in 4 m Höhe	41,826			36,756					
	36,667	0	0	36,652	0	0	0	0	—4,5
Gesims b)	21,767			26,576					
in 23 m Höhe	41,669			36,851					
	36,718	+5,1	+3,5	36,713	+6,1	+4,1	+5,6	+3,8	—0,7
Gesims c)	22,104			26,652					
in 38 m Höhe	41,306			36,901					
	36,705	+3,8	+2,6	36,776	+12,4	+8,3	+8,1	+5,4	+0,9
Gesims d)	22,560			26,587					
in 54 m Höhe	40,890			36,872					
	36,725	+5,8	+3,9	36,729	+7,7	+5,2	+6,8	+4,6	+0,1
Gesims e)	23,358			25,221					
über der Turmuhr	40,181			38,276					
in 67 m Höhe	36,769	+10,2	+6,9	36,748	+9,6	+6,4	+9,9	+6,7	+2,2
Turmstubenkanten	23,399			28,004					
und Haube	40,127			35,497					
in 85 m Höhe	36,763	+9,6	+6,4	36,750	+9,8	+6,6	+9,7	+6,5	+2,0
									[+] = 5,2
								$\Sigma = \frac{27,0}{6}$	[−] = 5,2
								= 4,5	

Auf dieselbe Weise wurden noch die Nordseite des nördlichen Frauenturms untersucht und dabei die in Tab. 4 ausgewiesenen Abweichungen gefunden, die wiederum zunächst auf die Vertikale durch die Mitte des untersten Gesimses und nach Verbesserung ihrer Lage auf eine ideelle Achse bezogen wurden. Der Instrumentenstandort II befand sich vor dem Anwesen Löwengrube 10 knapp vor der Hauswand zwischen Einfahrt und Eingang. Die Entfernung zur Nordseite des nördlichen Turms betrug rund 43 m.

Vernachlässigt man wiederum die Abweichungen bis zu ± 1 cm, so fällt die Bauwerksachse auch von Norden her betrachtet zwischen rund 20 bis 50 m Höhe genau in die ideelle Turmachse, darüber weicht sie lediglich um 2 cm nach Westen, im Sockel um rund 4 cm nach Osten aus. Auch diese Abweichungen sind durchaus durch Abweichungen der tatsächlichen Baumaße von den Sollmaßen zu erklären. Zur Bestätigung dieser Auffassung habe ich in 4 m Höhe und auf den darunter liegenden Mauersockeln die Breite der Strebepfeiler und den Abstand ihrer Innenkanten durch direkte Messung bestimmen lassen und hierfür auf der Nordseite des nördlichen Turmes die Maße

	3,31 m,	7,09 m,	3,31 m
bzw.	3,47 m,	6,92 m,	3,48 m

und auf der Westseite die entsprechenden Maße

	3,30 m,	7,13 m,	3,32 m
bzw.	3,47 m,	6,97 m,	–

gefunden, wobei das fehlende Maß in den Ausbruch für das Hauptportal fällt. Der Vergleich der direkt gefundenen Maße zeigt deutlich, daß die oben angegebenen Abweichungen unbedenklich den Bauhandwerkern zur Last gelegt werden dürfen.

Eine Neigung des nördlichen Frauenturms im Sinne der Untersuchungen von Schmidt kann nicht festgestellt werden.

Das Nivellement der Sohlbankgesimslinie wurde nicht wiederholt. Auch die Lage der Turmspitzen und Helmstangen konnte nicht eingemessen werden, weil beide Turmspitzen während des Krieges geknickt wurden. Um aber wenigstens die alte Streitfrage nach der Höhe der beiden Frauentürme zu klären, wurde diese mit Hilfe eines horizontalen Hilfsdreiecks (Basis durch die

bis zur Studienkirche verlängerte Ettstraße b = 218,723 m) bestimmt und durch ein vertikales Hilfsdreieck (Basis über den Platz der Maxburg hinweg b = 172,406 m) kontrolliert.

Dabei wurden im einzelnen folgende Resultate erhalten:

Frauenkirche München:

Höhe des Nordturms (Blitzableiterspitze)	615,72 m über N.N.
Höhe des Südturms (Blitzableiterspitze) .	615,65 m über N.N.
Nordturm: Unterkante Knopf	614,25 m über N.N.
Südturm: Unterkante Knopf	614,23 m über N.N.
Gesimskante: unter der Kante des Nordturms	nicht bestimmt
Gesimskante: unter der Haube des Südturms	603,13 m über N.N.
Bürgersteig vor dem Hauptportal . . .	517,05 m über N.N.
Höhe der Türme	98,7 bzw. 98,6 m[1,2]

Beide Türme sind gleich hoch. Die Meereshöhen der Blitzableiterspitzen auf beiden Türmen unterscheiden sich nur um 8 cm, wobei noch zu bemerken ist, daß die Spitzen beschädigt und abgeknickt sind.

Die angegebenen Höhen haben eine Unsicherheit von ± 1 cm. Zum Vergleich dürfen noch die Höhen des Kölner Doms angegeben werden, die von anderer Seite[3] ebenfalls in diesem Jahre bestimmt wurden:

Höhe des Nordturms (Blitzableiter)	213,40 m über N.N.
Höhe des Südturms (Blitzableiter)	213,33 m über N.N.
Eingangshöhe (Hauptportal)	55,12 m über N.N.
Bürgersteig vor dem Hauptportal	52,99 m über N.N.

Damit erhalten wir also gezählt vom Bürgersteig aus für die Höhe der beiden Türme rund 160 m.

Auch hier ist bemerkenswert, daß die Meereshöhen der beiden Turmspitzen nur um 7 cm voneinander abweichen.

---

[1] Der Durchmesser des Knopfes ist 1,20 m, der größte horizontale Haubendurchmesser 14,7 m.

[2] Vgl. hierzu auch Finsterwalder, Seb.: „Lage und Höhen von Luftsignalen (Türmen) in München und Umgebung", Veröffentl. der Bayer. Komm. f. d. Int. Erdmessung, München 1921.

[3] „Höhe des Kölner Doms", Vermessungstechnische Rundschau 1952 S. 248.