

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1962

MÜNCHEN 1963

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

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

Maßstab und Maßstabskontrollen im Basisvergrößerungsnetz München–Ebersberg

Von Max Kneißl, München

Mit 11 Abbildungen

Vorgelegt am 6. Juli 1962

Übersicht

- I. Allgemeine Einführung
- II. Messungen auf der Normalstrecke und auf der Basis Ebersberg
 - Anlage und Ausbau der Basis Ebersberg
 - Die Geodimeter- und Tellurometermessungen auf der Ebersberger Basis
- III. Basisvergrößerungsnetz München–Ebersberg
 - Die Tellurometer- und Geodimetermessungen im Basisvergrößerungsnetz München–Ebersberg
 - Die Genauigkeit der Tellurometer- und Geodimetermessungen

I. Allgemeine Einführung

Im neuen deutschen Hauptdreiecksnetz wurden in enger Zusammenarbeit mit den Nachbarländern mehrere Grundlinien neu angelegt, mit Invardrähten gemessen und in üblicher Weise mit Hilfe von Basisvergrößerungsnetzen auf je eine Hauptdreiecksseite übertragen.

Im einzelnen handelt es sich in chronologischer Reihenfolge um die Basis und das Vergrößerungsnetz München–Ebersberg (1958),

die Basis und das Vergrößerungsnetz Meppen (1960),

die Basis und das Vergrößerungsnetz Göttingen (1961).

Dazu kommt noch die schweizerische Basis und das Vergrößerungsnetz Heerbrugg (1959).

Bei den Neumessungen von Basislinien verfolgte man folgende Zwecke:

1. Überprüfung des Maßstabs im deutschen Hauptdreiecksnetz;
2. Nachmessung älterer deutscher Grundlinien (München, Mep-
pen, Göttingen);
3. Überprüfung des Maßstabs des schweizerischen und öster-
reichischen Hauptdreiecksnetzes (Heerbrugg);
4. Sicherung eines einheitlichen Maßstabs in Zentraleuropa für
die Neuausgleichung der europäischen Hauptdreiecksnetze;
5. Schaffung geeigneter Meßfelder für die Eichung elektro-
optischer und elektronischer Entfernungsmesser;
6. Untersuchungen zur Eichung der Invardrähte, Weiterent-
wicklung der Invardrahtmessung, Studium der Genauigkeit
der Invardrahtmessung;
7. Vergleich der Invardrahtmessung mit der elektrooptischen und
elektronischen Entfernungsmessung;
8. Experimentelle Untersuchung der Genauigkeit der Basisver-
größerungsnetze.

In der Geodäsie ist man sich heute darüber einig, daß es für die Sicherung des Maßstabes viel zweckmäßiger ist, an Stelle einzelner höchst genauer Basismessungen eine Reihe möglichst symmetrisch angeordneter *Tellurometer- und Geodimetermessungen auf Hauptdreiecksseiten* durchzuführen, weil dies wesentlich rascher und ohne große Vorbereitung möglich ist. Man hat aber nur wenige gesicherte Erfahrungen über den dabei zu erwartenden Genauigkeitsabfall oder Genauigkeitsgewinn. Durch Eichung der elektrooptischen und elektronischen Entfernungsmesser auf Basisvergrößerungsnetzen sollte hier eine weitgehende Klärung möglich sein.

Für die Klärung dieser Fragen haben die Basis und das Basisvergrößerungsnetz München–Ebersberg besondere Bedeutung erlangt.

Das Münchner Basisvergrößerungsnetz ist für die Untersuchung der Genauigkeit der Invardrahtmessung besonders geeignet, weil die Basis noch mit einer *Väisälä-Normalstrecke* verbunden ist, die unmittelbar vor und nach der Messung der eigentlichen Basis im Gelände Drahteichungen zuläßt. Außer diesen Eichungen wurden bei allen Basismessungen der Jahre 1958 bis 1961 alle

verwendeten Invardrähte vor und nach der eigentlichen Basismessung grundsätzlich bei einem Eichinstitut (Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig – PTB, bzw. Bureau International des Poids et Mesures – BIPM, Sèvres) geeicht. Es ist daher möglich, sehr exakte Aussagen über die Ergebnisse und die Genauigkeit der Drahteichung und der Drahtmessung zu machen. Weiter wurde die Münchner Basis kurz hintereinander zweimal vollständig unabhängig von zwei verschiedenen Meßtrupps unter internationaler Beteiligung mit zehn bzw. acht Invardrähten, also mit insgesamt 18 Invardrähten ausgemessen.

Zudem wurde die neue Münchner Basis und das Basisvergrößerungsnetz so angelegt, daß sowohl die altbayerische Grundlinie München–Aufkirchen (Bonne 1801), als auch die Claußsche Grundlinie Schleißheim–Dachau (1920/21) über die Basisver-

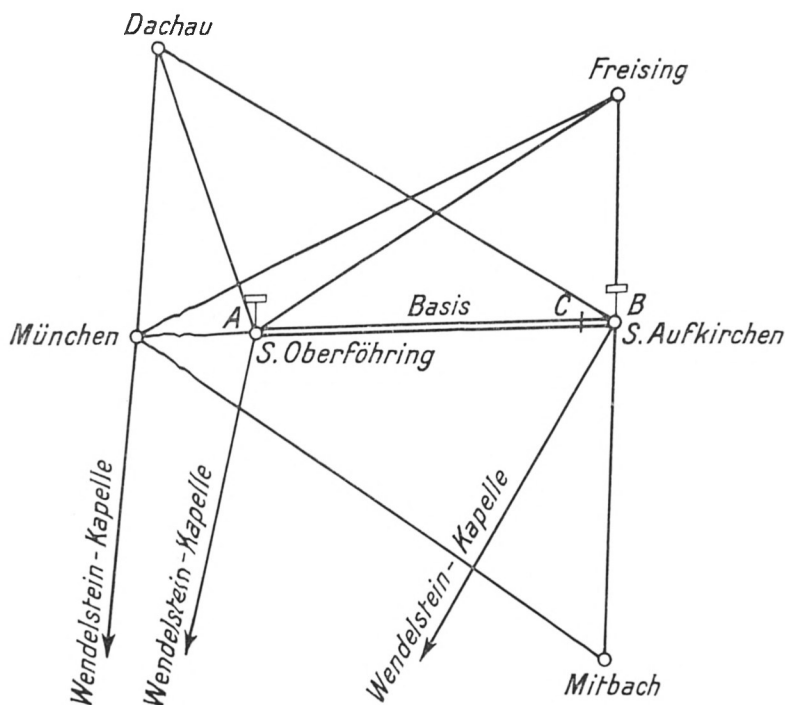


Abb. 1. Bonnesche Basis mit Vergrößerungsnetz

größerungsseite München–Schweitenkirchen unmittelbar mit der neuen Ebersberger Basis verglichen werden können.

Damit haben wir

die Bonnesche Basis mit zugehörigem Vergrößerungsnetz (Abb. 1),

die Claußsche Basis mit zugehörigem Vergrößerungsnetz (Abb. 2),

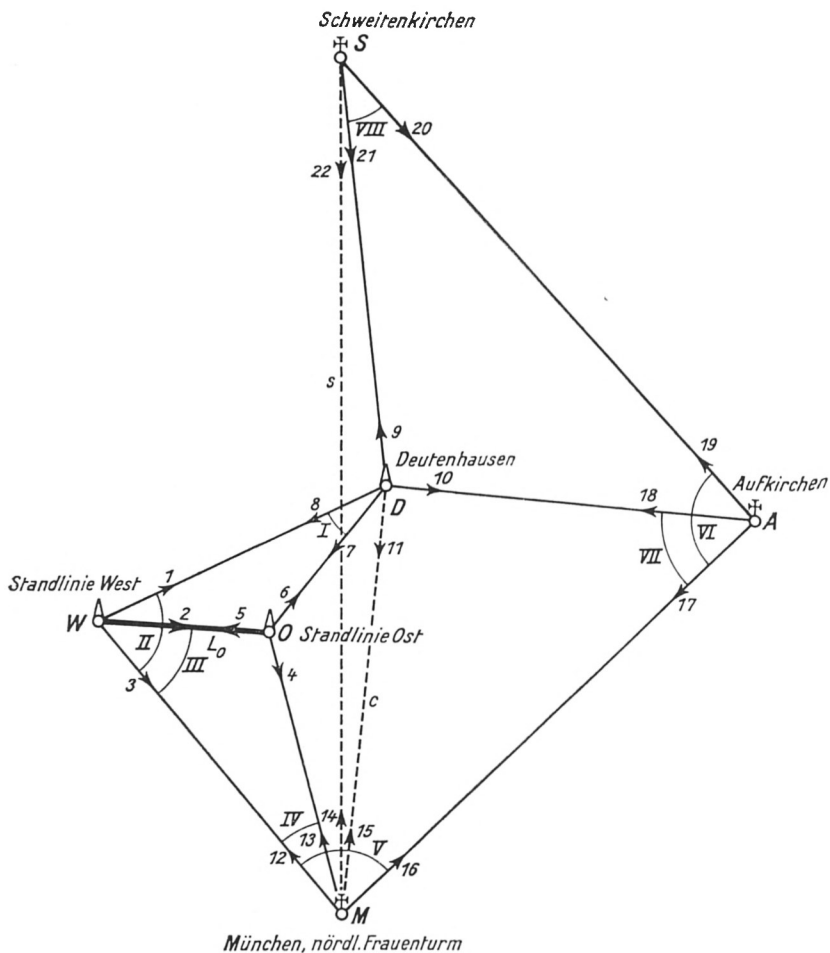


Abb. 2: Claußsches Basisvergrößerungsnetz 1920/21, Vergrößerungsseite München–Schweitenkirchen

II. Messungen auf der Normalstrecke und auf der Basis Ebersberg

Die Anlage der Münchner Normalstrecke geht auf einen Beschluß der Internationalen Assoziation für Geodäsie zurück. Sie entspricht in Anlage und Ausbau im wesentlichen der finnischen Normalstrecke in Numela. Die Beobachtungshütten sind von allen Seiten aufklappbar. Dabei sind die eigentlichen Komparatorhütten, die an beiden Enden der Interferenzstrecke über den Pfeilern 0 bis 6 m und dem Fernrohrpfeiler stehen, und bewegliche Baracken für die Einzelpfeiler zu unterscheiden. Die Ausmaße der Hütten betragen $12,50 \text{ m} \times 2,60 \text{ m}$ bzw. $2,50 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$. Die Hütten wurden auf Betonpfeilern aufgestellt und durch Scharniere und Schrauben verfestigt, so daß ihre Versetzung möglich ist. Die Fußböden haben keine Berührung mit den Pfeilern.

Die Interferenzmeßstrecke hat eine Länge von zweimal 432 m mit Meßanordnung von beiden Enden her und folgenden Pfeilerabständen:

$$\begin{aligned} N - 0 \text{ m} - 1 \text{ m} - 6 \text{ m} - 24 \text{ m} - 72 \text{ m} - 216 \text{ m} - 432 \text{ m} \\ 432 \text{ m} - 216 \text{ m} - 72 \text{ m} - 24 \text{ m} - 6 \text{ m} - 1 \text{ m} - 0 \text{ m} - S \\ \text{oder} \end{aligned}$$

N, 0 m, 1 m, 6 m, 24 m, 72 m, 216 m, 432 m, 648 m, 792 m, 840 m, 858 m, 863 m, 864 m, S.

Die mit N bzw. S bezeichneten Pfeiler tragen die Lichtquelle und das Beobachtungsfernrohr.

Um auch 50 m-Invarbänder eichen zu können, wurden von Norden beginnend noch folgende Pfeiler eingeschaltet:

0 m, 1 m, 5 m, 25 m, 50 m, 100 m, 300 m und 600 m.

Weiter wurde dafür gesorgt, daß die Interferenzmeßstrecke später auf 1 200 m vergrößert werden kann.

Parallel zur Interferenzmeßstrecke wurde in Abständen von 2,5 m bzw. 1,5 m westlich bzw. östlich dieser Strecke eine 864 m-Invardrahtstrecke und eine 600 m lange Invarbandstrecke angelegt. Die Invardrahtstrecke ist in 24 m-Intervalle eingeteilt, die

Zwischenpunkte sind durch etwa 2 m lange Eisenbetonpfähle markiert, die etwa 1,30 m tief im gewachsenen Boden einbetoniert sind. Die Invarbandstrecke besteht aus einer regelrecht mit einem Schotterbett und Holzschwellen verlegten, zu Längen von je 100 m verschweißten, durchgehenden Eisenbahnschiene.

Die Endpunkte (0 m und 864 m) und der Mittelpunkt der Invardrahtstrecke (432 m) sind durch zentrisch eingebaute, unterirdische Festlegungen versichert. Die Invarbandstrecke ist ebenfalls bei 0 m, 300 m und 600 m durch etwa 1,5 m exzentrisch liegende Festlegungen vermarktet.

Die unterirdischen Festlegungen entsprechen der vom früheren Reichsamt für Landesaufnahme entwickelten Dittrichschen Festlegung (Abb. 4, s. S. 183).

Die Einrichtung des von Prof. Dr. Väisälä hergestellten und gelieferten Interferenzkomparators auf der Münchner Normalstrecke erfolgte erstmals Ende Mai 1958 durch die finnischen Professoren Dr. Väisälä und Dr. Honkasalo. An den Messungen beteiligten sich meine Mitarbeiter Dr.-Ing. Eichhorn und Dr.-Ing. Hillebrand und bei den späteren Messungen 1960 und 1961 auch noch die Diplomingenieure Herzog und Boronkai.

Das Meßverfahren bei der interferometrischen Längenbestimmung wird hier als bekannt vorausgesetzt. Es beruht im wesentlichen auf der sehr genauen Ausmessung eines 1 m-Intervalles und Vervielfachung des Intervalles auf 6, 24, 72 m usw., durch Absteckung der Entfernungen mit Hilfe von senkrecht stehenden Spiegeln, zwischen denen das Licht reflektiert und schließlich zur Interferenz gebracht wird.

Auf der Ebersberger Normalstrecke konnten inzwischen drei unabhängige Meßreihen 1958, 1960 und 1961 mit Hilfe des Väisälä-Komparators ausgeführt und ihre Ergebnisse auf die Bolzen A und C der unterirdischen Festlegungen übertragen werden. Die Einzelergebnisse hierzu sind der nachstehenden Tabelle 1 zu entnehmen. Hiernach stimmen die erste und die dritte Messung vollständig überein, während die zweite Messung um 0,2 mm kleiner ausgefallen ist. Damit käme dem Mittelwert eine Genauigkeit von rund $\frac{1}{10}$ mm oder rund $1 \cdot 10^{-7}$ zu.

Tabelle 1

Ergebnisse der Interferenzmessung auf der Münchener Normalstrecke

Jahr	1	2	3
	UFA – UFB	UFB – UFC	UFA – UFC
	mm	mm	mm
1958	432 031,64 $\pm$ 0,08	432 032,63 $\pm$ 0,04	864 064,27 $\pm$ 0,09
1960	031,29 $\pm$ 0,06	032,73 $\pm$ 0,13	064,03 $\pm$ 0,14
1961	031,44 $\pm$ 0,08		064,27 $\pm$ 0,13

Die Angaben beziehen sich auf die Abstände der unterirdischen Festlegungen im Horizont von UF A.

Bei diesen drei Messungen ergaben sich folgende Erfahrungen:

1. Die Apparatur als solche ist einfach und leicht zu handhaben. Ein Bedürfnis nach irgendeiner Änderung, etwa zur Beschleunigung oder Vereinfachung der Beobachtungen ist nicht aufgetreten.
2. Die Genauigkeit der Messungen mit dem Väisälä-Komparator liegt auch nach unseren Erfahrungen bei $1 \cdot 10^{-7}$ für eine Messung in Hin- und Rückgang. Hauptfehlerquelle ist die Refraktion.
3. Wenn die Genauigkeit $1 \cdot 10^{-7}$ nicht bei allen Teilstrecken in Ebersberg erreicht wird, so liegt das daran, daß die Unterschiede in der Lufttemperatur zwischen Hütte und freier Strecke durch die Hg-Thermometer infolge von Strahlungseinflüssen nicht richtig erfaßt werden. Der bisher aufgetretene Maximalfehler für eine Messung ist kleiner als $1 \cdot 10^{-6}$ (0,4 mm auf 432 m).

Werden bei extremer, aber konstanter Witterung mehrere Messungen durchgeführt, so können die Ergebnisse trotz innerer Übereinstimmung von besser als $1 \cdot 10^{-7}$ noch einen systematischen Fehler von maximal $1 \cdot 10^{-6}$ haben. So könnten etwa die Ergebnisse von 1958 und 1960 für den Abstand UFA – UFC um maximal 0,40 mm, das ist $5 \cdot 10^{-7}$ zu klein sein.

4. Wegen der geschlossenen Bauart (U-Form) der Endpfeiler 0 m, 864 m und der großen Höhe des Pfeilers 432 m sind Pfeilerbewegungen infolge Temperaturschwankungen von etwa

0,1 mm bzw. 0,2 mm während der Dauer einer Interferenzmeßreihe zu befürchten. Es sollten daher die Übertragungsmessungen nicht nur zu Beginn und am Ende der Messungen, sondern nach Möglichkeit an allen Tagen, an denen Interferenzmessungen stattfinden, durchgeführt werden.

5. Zusammenfassend wird festgestellt:

- a) Normalstrecken sollten allgemein in refraktionsmäßig ruhigem Gelände liegen. Massive Hütten über den Endpfeilern sind möglichst zu vermeiden.
- b) Interferenzmessungen sind stets über einen längeren Zeitraum bei möglichst verschiedener Witterung auszuführen. Die Thermometer müssen einen besonderen Strahlungsschutz erhalten.
- c) Die Pfeiler, insbesondere die Endpfeiler sind gegen Temperatureinflüsse besonders abzuschirmen.
- d) Die Übertragungsmessungen sind mit besonderer Sorgfalt und möglichst vor und nach jeder einzelnen Meßreihe durchzuführen.

Die Schwäche des Verfahrens liegt in der Unsicherheit der Refraktionseinflüsse, in der mangelhaften Stabilität der Pfeiler sowie in der Übertragung der Entfernungen von den Spiegeln zu den unterirdischen Festlegungen. Vorzüge des Verfahrens sind die sehr großen Meßgenauigkeiten und die Einheitlichkeit des Väisälä-Maßsystems. Die erreichbare Genauigkeit liegt bei 0,1 mm/km; eine weitere Genauigkeitssteigerung lohnt sich nicht.

Zur Eichung der Invardrähte wird mit diesen die Normalstrecke zwei- bis dreimal hin und zurück durchgemessen. Die Drahtkonstanten werden dann aus dem Sollmaß der Normalstrecke abgeleitet.

Die verwendeten Invardrähte wurden zudem unmittelbar vor und nach der Basismessung zum Teil beim Internationalen Büro für Maße und Gewichte in Paris, zum Teil bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, darüber hinaus aber auch auf der Normalstrecke in Ebersberg geeicht. Weiter wurden für alle Drähte die Ausdehnungskoeffizienten neu bestimmt. Durch die systematische Anordnung der Eichungen und die große Zahl der verwendeten Drähte ist es möglich, sowohl gut

fundierte Aussagen über die Übereinstimmung von Laboratoriumseichungen unter sich und der Eichung auf Vergleichsstrecken zu machen.

Zur unabhängigen Überprüfung der Interferenzmessung kann umgekehrt die Länge der Normalstrecke auch aus den bis jetzt vorliegenden Messungen mit den laborgereichten Invardrähten bestimmt werden. Die Ergebnisse hierzu finden sich in Tabelle 2, ein Vergleich der Interferenzmessung mit der Drahtmessung in Tabelle 3.

Die Länge der Normalstrecke, abgeleitet aus Messungen mit laborgereichten Invardrähten, schwankt beträchtlich, obwohl meist zwei bis drei Hin- und Rückmessungen durchgeführt wurden. Bei zwölf verschiedenen Drähten (Eichung beim BIPM-Paris) erreichen 1958 die Längenabweichungen vom Jahresmittelwert über 3 mm. Auch die in Braunschweig (PTB) gereichten Drähte (27 Drähte), die über die Normalstrecke geführt wurden, geben Längenunterschiede, die vom Mittelwert um mehrere Millimeter abweichen. Ähnliches gilt für die Messungen 1959, während 1960 die Fehler nur ausnahmsweise 1 mm überschreiten, um 1961 wieder auf über 2 mm anzusteigen.

Einzeleichungen im Labor verursachen also doch noch größere Unsicherheiten, die auf die Länge der Normalstrecke von 864 m auf maximal ± 3 mm ansteigen können.

Dagegen weichen die Jahresmittel aus jeweils 7 bis 27 Drähten nur noch um $\pm 1,7$ mm bzw. $\pm 1,3$ mm für den einzelnen Jahresdurchschnitt (Tab. 3) voneinander ab. Das Gesamtmittel für die Länge der Normalstrecke wird mit den Pariser Eichwerten für insgesamt 55 Drähte

$$864064,68 \text{ mm} \pm 0,23 \text{ mm}$$

und mit den Braunschweiger Eichwerten für insgesamt 92 Drähte

$$864064,15 \text{ mm} \pm 0,14 \text{ mm},$$

also fast so genau wie die Eichung mit dem Väisälä-Komparator. Mit Rücksicht auf die Zahl der verwendeten Drähte scheint der Unterschied zwischen den Pariser und Braunschweiger Eichwerten von $+ 0,53$ mm auf 864 m von systematischer Natur zu sein. Die Unterschiede der einzelnen Jahresmittel aber wechseln selbst das Vorzeichen. Von derselben Größenordnung, nämlich

Tabelle 2a

Länge der Normalstrecke Ebersberg

Abgeleitet aus Invardrahtmessungen und den Eichungen der
amtlichen Eichinstitute BIPM-Paris und PTB-Braunschweig
1958

1			2			3			4			5			6		
BIPM Paris									PTB Braunschweig								
Draht			Abstand UFA-UFC 864 m +			v			Draht			Abstand UFA-UFC 864 m +			v		
			mm			mm						mm			mm		
301	63,425					+ 0,558			36	63,360					+ 1,150		
301	63,345					+ 0,638			36	65,661					— 1,151		
302	63,206					+ 0,777			37	65,564					— 1,054		
302	64,106					— 0,123			37	66,430					— 1,920		
303	62,497					+ 1,486			38	64,876					— 0,366		
A 27	62,906					+ 1,077			38	64,875					— 0,365		
A 27	64,451					— 0,468			381	67,926					— 3,416		
98	66,033					— 2,050			381	64,967					— 0,457		
99	57,319					— 3,336			382	64,210					+ 0,300		
526	64,143					— 0,160			382	65,596					— 1,086		
527	63,007					+ 0,976			383	63,983					+ 0,527		
529	63,353					+ 0,630			383	63,933					+ 0,577		
									391	65,527					— 1,017		
									392	62,412					+ 2,098		
									393	62,725					+ 1,785		
									393	64,156					+ 0,354		
									84536	64,564					— 0,054		
									84536	64,756					— 0,246		
									509	65,537					— 1,027		
									509	64,786					— 0,276		
									510	63,710					+ 0,800		
									510	63,048					+ 1,462		
									511	64,502					+ 0,008		
									511	61,750					+ 2,760		
									526	63,415					+ 1,095		
									527	64,825					+ 0,315		
									529	64,673					— 0,163		
Mittel	864 063,983 mm								Mittel	864 064,510 mm							
[vv]	21,6309								[vv]	43,1315							
m_0	$= \pm \sqrt{\frac{21,6309}{11}} = \pm 1,40 \text{ mm}$								m_0	$= \pm \sqrt{\frac{43,1315}{26}} = \pm 1,29 \text{ mm}$							
m_i	$= \pm \frac{1,40}{\sqrt{12}} = \pm 0,40 \text{ mm}$								m_i	$= \pm \frac{1,29}{\sqrt{27}} = \pm 0,25 \text{ mm}$							

Tabelle 2b

Länge der Normalstrecke Ebersberg
 Abgeleitet aus Invardrahtmessungen und den Eichungen der
 amtlichen Eichinstitute BIPM-Paris und PTB-Braunschweig
 1959

1	2	3	4	5	6
BIPM Paris			PTB Braunschweig		
Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v	Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v
	mm	mm		mm	mm
301	64,313	+ 0,283	36	65,314	— 1,328
301	64,831	— 0,235	36	65,753	— 1,767
302	64,354	+ 0,242	37	65,724	— 1,738
302	64,427	+ 0,169	37	65,289	— 1,303
303	65,183	— 0,587	38	65,123	— 1,137
A 27	64,194	+ 0,402	38	64,624	— 0,638
A 27	64,867	— 0,271	382	64,491	— 0,505
			393	63,172	+ 0,814
			84536	63,470	+ 0,516
			391	64,010	— 0,024
			509	63,874	+ 0,112
			509	63,812	+ 0,174
			510	64,525	— 0,539
			510	65,024	— 1,038
			510	62,990	+ 0,996
			511	63,686	+ 0,300
			511	64,591	— 0,605
			511	64,293	— 0,307
			526	65,440	— 1,454
			526	63,062	+ 0,924
			527	63,035	+ 0,951
			527	64,011	— 0,025
			528	61,401	+ 2,585
			528	61,794	+ 2,192
			529	62,551	+ 1,435
			529	62,573	+ 1,413
Mittel	864 064,596 mm		Mittel	864 063,986 mm	
[vv]	0,8021		[vv]	34,8575	
m_0	$\sqrt{\frac{0,8021}{6}} = \pm 0,37 \text{ mm}$		m_0	$\sqrt{\frac{34,8575}{25}} = \pm 1,18 \text{ mm}$	
m_i	$\frac{0,37}{\sqrt{7}} = \pm 0,14 \text{ mm}$		m_i	$\frac{1,18}{\sqrt{26}} = \pm 0,23 \text{ mm}$	

Tabelle 2c

Länge der Normalstrecke Ebersberg
 Abgeleitet aus Invardrahtmessungen und den Eichungen der
 amtlichen Eichinstitute BIPM-Paris und PTB-Braunschweig
 1960

1	2	3	4	5	6
BIPM Paris			PTB Braunschweig		
Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v	Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v
	mm	mm		mm	mm
382	65,006	+ 0,015	384	63,565	+ 0,522
382	65,077	— 0,056	384	63,335	+ 0,752
A 27	64,524	+ 0,497	84536	64,493	— 0,406
A 27	64,895	+ 0,126	84536	63,627	+ 0,460
392	64,215	+ 0,806	38	65,517	— 1,430
392	64,614	+ 0,407	38	64,902	— 0,815
36	65,429	— 0,408	303	63,972	+ 0,115
36	65,264	— 0,243	303	64,083	+ 0,004
381	65,417	— 0,396	393	63,610	+ 0,477
302	64,617	+ 0,404	393	63,134	+ 0,953
302	64,576	+ 0,445	383	64,659	— 0,572
391	64,656	+ 0,365	383	63,757	+ 0,330
391	64,005	+ 1,016	37	65,319	— 1,232
301	65,502	— 0,481	37	65,251	— 1,164
301	64,962	+ 0,059	509	63,875	+ 0,212
90	65,245	— 0,224	510	64,269	— 0,182
90	65,537	— 0,516	510	63,375	+ 0,712
91	64,982	+ 0,039	511	64,062	+ 0,025
91	64,893	+ 0,128	511	62,849	+ 1,238
89	66,248	— 1,227			
89	65,773	— 0,752			
Mittel	<u>864 065,021 mm</u>		Mittel	<u>864 064,087 mm</u>	
[vv]	5,6308		[vv]	10,4996	
m_0	$\sqrt{\frac{5,6308}{20}} = \pm 0,53 \text{ mm}$		m_0	$\sqrt{\frac{10,4996}{18}} = \pm 0,76 \text{ mm}$	
m_i	$\frac{0,53}{\sqrt{21}} = \pm 0,12 \text{ mm}$		m_i	$\frac{0,76}{\sqrt{19}} = \pm 0,18 \text{ mm}$	

Tabelle 2d

Länge der Normalstrecke Ebersberg
 Abgeleitet aus Invardrahtmessungen und den Eichungen der
 amtlichen Eichinstitute BIPM-Paris und PTB-Braunschweig
 1961

1	2	3	4	5	6
BIPM Paris			PTB Braunschweig		
Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v	Draht	Abstand UFA-UFC 864 m +	v
	mm	mm		mm	mm
391	64,422	+ 0,372	37	66,363	— 2,446
391	64,871	— 0,077	37	65,205	— 1,288
36	64,217	+ 0,577	38	65,118	— 1,201
36	63,819	+ 0,975	38	64,078	— 0,161
382	65,495	— 0,701	393	62,783	+ 1,134
382	65,430	— 0,636	393	63,471	+ 0,446
A 27	65,163	— 0,369	84536	63,783	+ 0,134
A 27	64,352	+ 0,442	84536	64,177	— 0,260
301	64,202	+ 0,592	303	63,543	+ 0,374
301	64,871	— 0,077	303	63,123	+ 0,794
381	65,090	— 0,296	383	64,196	— 0,279
381	64,258	+ 0,536	383	64,068	— 0,151
392	65,396	— 0,602	384	64,114	— 0,197
392	64,964	— 0,170	384	63,713	+ 0,204
302	65,365	— 0,571	509	63,961	— 0,044
			509	63,019	+ 0,898
			510	64,769	— 0,852
			510	61,892	+ 2,025
			511	64,488	— 0,571
			511	62,474	+ 1,443
Mittel	<u>864 064,794 mm</u>		Mittel	<u>864 063,917 mm</u>	
[vv]	4,1039		[vv]	19,6751	
m_0	$\sqrt{\frac{4,1039}{14}} = \pm 0,54 \text{ mm}$		m_0	$\sqrt{\frac{19,6751}{19}} = \pm 1,02 \text{ mm}$	
m_i	$\frac{0,54}{\sqrt{15}} = \pm 0,14 \text{ mm}$		m_i	$\frac{1,02}{\sqrt{20}} = \pm 0,23 \text{ mm}$	

Tabelle 3

Länge der Normalstrecke Ebersberg aus Invardrahteichungen
und den Drahteichungen der amtl. Eichinstitute BIPM-Paris
und PTB-Braunschweig

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	BIPM – Paris			PTB – Braunschweig		
	Abstand UFA-UFC Jahresmittel	Anzahl der Drähte p	v	Abstand UFA-UFC Jahresmittel	Anzahl der Drähte p	v
	mm		mm	mm		mm
1958	864063,983	12	+ 0,696	864064,510	27	— 0,364
1959	64,596	7	+ 0,083	63,986	26	+ 0,160
1960	65,021	21	— 0,342	64,087	19	+ 0,059
1961	64,794	15	— 0,115	63,917	20	+ 0,229
Mittel	<u>864064,679 mm</u>			<u>864064,146 mm</u>		
$[p v v]$	8,5158			5,3580		
m_0	$\sqrt{\frac{8,5158}{3}} = \pm 1,68 \text{ mm}$			$\sqrt{\frac{5,3580}{3}} = \pm 1,34 \text{ mm}$		
m_i	$\frac{1,68}{\sqrt{55}} = \pm 0,23 \text{ mm}$			$\frac{1,34}{\sqrt{92}} = \pm 0,14 \text{ mm}$		

Länge der Normalstrecke aus Eichungen des BIPM 864064,679 $\pm$ 0,23 mm

Länge der Normalstrecke aus Eichungen der PTB 864064,146 $\pm$ 0,14 mm

Länge der Normalstrecke als allgemeines Mittel aus

den Eichungen des BIPM und der PTB 864064,291 $\pm$ 0,24 mm

Länge der Normalstrecke aus Interferenzmessungen 864064,190 $\pm$ 0,08 mm

Längendifferenz im Sinne Interferenzmessung

minus Laboreichung — 0,101 $\pm$ 0,25 mm

das ist — 0,1 $\times 10^{-6}$

$5 \cdot 10^{-7}$ ist der Unterschied der Pariser Laboreichungen gegenüber der Väisälä-Eichung, während die Braunschweiger Eichung mit der Väisälä-Eichung fast zusammenfällt. Alles in allem stimmen die drei Werte 864064,68 mm (Paris), 864064,15 mm (Braunschweig) und 864064,19 mm (Väisälä) so hervorragend überein, daß eine weitere Genauigkeitssteigerung wenig sinnvoll erscheint.

Die Laboreichungen bestätigen den Interferenzmeßwert. Der Interferenzmeßwert beruhigt die etwas streuenden Laboreichwerte und zeigt, daß für *genauere* Invardrahtmessungen doch mindestens 6 Drähte benutzt werden sollten, um größere systematische Fehler zu vermeiden. Die Interferenzmessungen mit dem Väisälä-Komparator gestatten einwandfreie, einfache und in sich gut stimmige Feldeichungen der Invardrähte.

Anlage und Ausbau der Basis Ebersberg

Die Ebersberger Basis hat eine Gesamtlänge von 8,2 km. Sie umfaßt 10 unterirdische Festlegungen (Dittrichsche Festlegungen – Abb. 4 – aus Stampfbeton, 2 m lang, Oberfläche ca. 1,2 m unter der Erdoberfläche, Loch mit Erdbohrer von einem Durchmesser 30 cm mit Baustahlgeflecht);

5 Straßenpunkte, Betonwürfel ca. $30 \times 30 \times 30$ cm;

332 eingerammte Holzpfähle, 10 kleine Vierböcke, 2 größere Vierböcke;

25 Podeste verschiedener Höhe bis max. 4,35 m, 7 Mirengerüste. Die Basis ist mehrfach gebrochen (Abb. 5) und für folgende Tagesabschnitte ausgebaut:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------|
| 1. von Endpunkt Nord bis Pfahl 93 | = 93 Drahtlagen, |
| 2. von Pfahl 93 bis Pfahl 195 | = 102 Drahtlagen, |
| 3. von Pfahl 195 bis Pfahl 295 | = 100 Drahtlagen, |
| 4. von Pfahl 295 bis Pfahl 345 | = 50 Drahtlagen. |

Der 4. Abschnitt war wegen der schwierigen Messung über die Podeste absichtlich kürzer gehalten als die übrigen Tagesabschnitte.

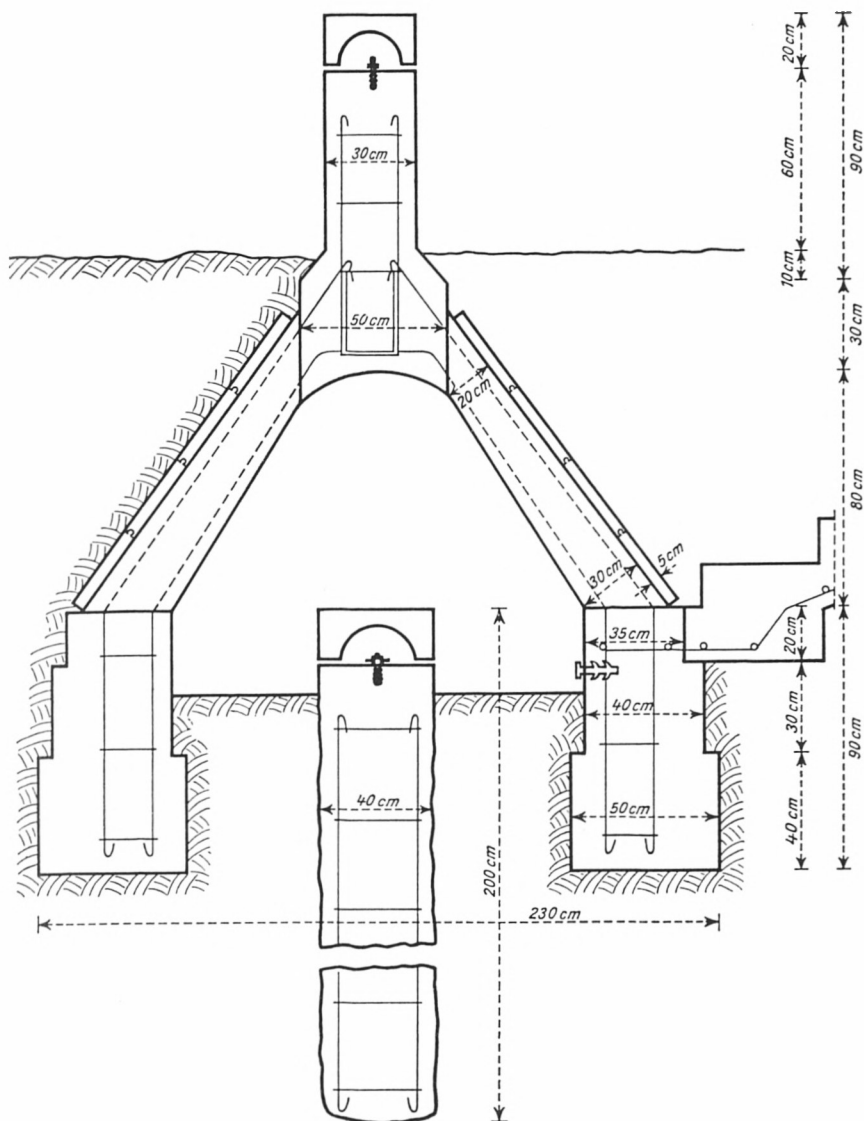


Abb. 4. Festlegung 0,432,864 m der Invardrahtstrecke mit Dittrichscher Festlegung und ständiger oberirdischer Vermarkung

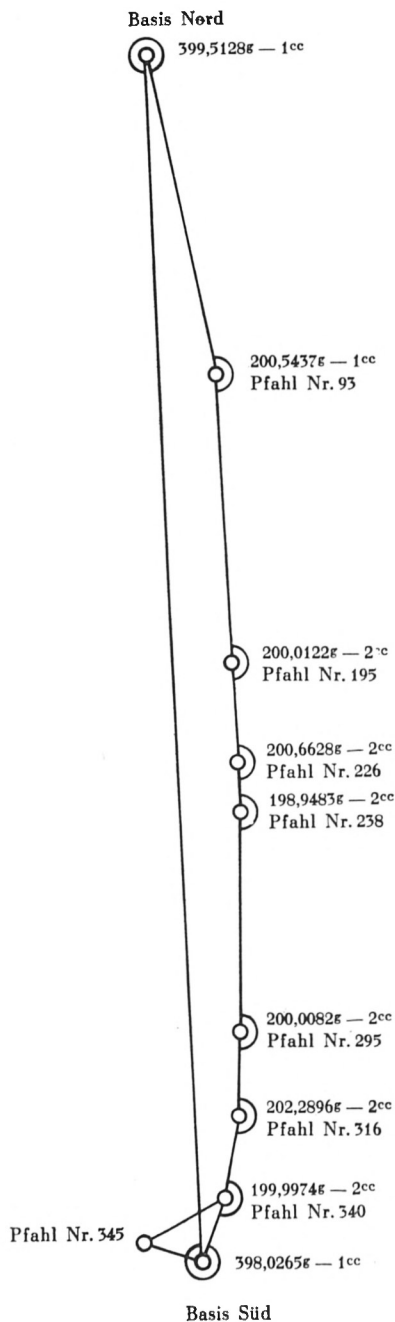


Abb. 5. Skizze von der Basis bei München und der 1958
gemessenen Brechungswinkel

Die Invardrahtmessung wurde zunächst unter Leitung des IfAG (II. Abteilung des DGFI) in der Zeit vom 10. 9. bis 20. 9. 1958 von vier Frankfurter Meßtrupps und einem Münchner Trupp mit je zwei Drähten, also mit insgesamt 10 Drähten hin und zurück, durchgeführt.

Im Anschluß hieran wurde unter Leitung der I. Abteilung des DGFI vom 27. 9. bis 3. 10. 1958 mit anderem Gerät, anderen Drähten und je einem Meßtrupp der I. Abteilung des DGFI, des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule München, des Österreichischen Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen und eines gemischten Meßtrupps der Eidgenössischen Landestopographie und des Geodätischen Instituts der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich die Basis mit insgesamt 8 Drähten ein zweitesmal vollständig ausgemessen.

Ohne auf die Einzelheiten der Basismessung einzugehen, werden hier die Ergebnisse unmittelbar mitgeteilt. Aus den Tabellen 4 und 5 entnehmen wir die endgültigen Werte und stellen sie in Tabelle 6 nochmals einander gegenüber.

Die Geodimeter- und Tellurometermessungen auf der Ebersberger Basis

Die neue Ebersberger Basis wurde in den letzten Jahren mehrmals lichtelektrisch und elektronisch ausgemessen.

Die Geodimetermessungen

Die ersten Geodimetermessungen auf der Ebersberger Basis führten im April 1959 die Herren Dr. J. Mitter und Dr. E. Senftl vom Österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit einem Geodimeter von E. Bergstrand, Typ NASM-2 der Firma AGA-Stockholm aus; sie haben für die Basis die Länge

$$B = 8231,879 \text{ m}$$

gefunden. Zu systematischen Geodimetermessungen mit einem neuen Geodimeter, Typ NASM-4 kam es im Juni 1962. Die Messungen führten die Herren Dr. Messerschmidt und Dipl.-Ing. Herzog vom DGFI, I. Abt. auf meine Anordnungen hin durch. Dabei wurden zunächst Teilstrecken auf der Normalstrecke mit 77,5 m, 221,6 m, 437,6 m, 653,6 m und schließlich 869,6 m bei Tage ausgemessen. Die Einzelergebnisse zeigen die Tabellen 7a

mit 7 c. Dabei sind in den Spalten 9 jeweils die Einzelmessungen der Invardrahtstrecke gegenübergestellt und in den Spalten 10 und 11 die mittleren Fehler der Geodimetermessungen sowie die Verbesserungen der Einzelmessungen und die Abweichung des Mittelwerts von der Invardrahtmessung ausgewiesen. Diese Abweichungen liegen für Strecken zwischen 200 m und 870 m zwischen 2 mm und 7 mm und zeigen die hohe Genauigkeit der Geodimetermessungen auf kurze Strecken bei Tageslicht.

Nach ersten Versuchen am 18. 6. 1962 begannen dann am 19. 6. 1962 die Geodimetermessungen auf den Signalhochbauten der Basisendpunkte, die am 22. 6. und 25. 6. 1962 fortgesetzt werden konnten. Die Ergebnisse hierzu sind in den Tab. 8a und 8b ausgewiesen. Dabei ergibt sich für die Abendmittel (jeweils 6–8 vollständige Messungen) eine mittlere Unsicherheit von ± 4 bzw. ± 2 mm und für das Gesamtmittel für 3 Abende eine Unsicherheit von ± 6 mm. Das Gesamtmittel der Geodimetermessungen weicht gegenüber der Invardrahtmessung um 13 mm ab. Damit steht fest, daß im Hinblick auf die praktisch notwendige Genauigkeit selbst Basismessungen mit dem Geodimeter ausgeführt werden können.

Tellurometermessungen auf der Basis München

a) I. Abteilung des DGFI:

Zur Erfassung etwaiger instrumenteller Änderungen ist die Basis selbst zu Beginn, in der Mitte und nach Schluß der Tellurometerbeobachtungen im Vergrößerungsnetz mehrmals mit dem Tellurometer gemessen worden. Dabei wurde auch versucht, den Einfluß der Wetterverhältnisse und etwaige vom Gelände abhängige Unterschiede zwischen Hin- und Rückmessung festzustellen. Insgesamt liegen 15, an drei verschiedenen Tagen ausgeführte Einzelmessungen vor, die in Tabelle 9 zusammengestellt sind.

Die Messungen eines Tages stimmen gut mit den an verschiedenen Tagen, in verschiedenen Richtungen und teilweise unter stark unterschiedlichen atmosphärischen Verhältnissen ausgeführten Messungen überein. Bis auf eine Ausnahme (Messung am 20. 8. 1958 um 14.35 Uhr) liegen alle Mittelwerte innerhalb von 7 *Zentimetern* zusammen.

Tabelle 4

Ergebnis der Basismessung Ebersberg im Messungshorizont
DGFI – I. Abteilung

1	2	3	4	5	6	7
Draht	Laboreichwerte			Normalstreckeneichwerte		
	Basislänge 8 232 000	Ge- wicht <i>P</i>	Verbesse- rungen <i>v</i>	Basislänge 8 232 000	Ge- wicht <i>P</i>	Verbesse- rungen <i>v</i>
	mm		mm	mm		mm
	+			+		
98	574,119	1 ¹	— 14,435	555,951	2	+ 1,161
99	563,535	1 ¹	— 3,851	557,119	2	— 0,007
509	555,747	2	+ 3,937	545,143	2	+ 11,969
510	555,921	2	+ 3,763	562,304	2	— 5,192
511	551,844	1 ²	+ 7,840	548,903	1 ²	+ 8,209
526	555,947	2	+ 3,737	560,287	2	— 3,175
527	564,809	2	— 5,125	566,062	2	— 8,950
529	561,859	1 ³	— 2,175	557,019	2	+ 0,093
Mittel	+ 559,684	[<i>p v v</i>] = 429,1775		+ 557,112	[<i>p v v</i>] = 590,8948	
<i>m</i> ₀	$\sqrt{\frac{429,1775}{7}} = \pm 7,83 \text{ mm}$			$\sqrt{\frac{590,8948}{7}} = \pm 9,19 \text{ mm}$		
<i>m</i> _{<i>i</i>}	$\frac{7,83}{\sqrt{12}} = \pm 2,26 \text{ mm}$			$\frac{9,19}{\sqrt{15}} = \pm 2,37 \text{ mm}$		

Basislänge im Messungshorizont
aus Laboreichwerten:

8 232 559,68 mm

Basislänge im Messungshorizont
aus Normalstreckeneichwerten:

8 232 557,11 mm

Längendifferenz im Sinne

Normalstreckeneichung minus Laboreichung:

— 2,57 mm

das ist:

— 0,3 × 10⁻⁶

¹ Laboreichung nur nach der Basismessung

² Knick während der Basismessung

³ Knick vor der ersten Normalstreckenmessung

Tabelle 5

Ergebnis der Basismessung Ebersberg im Messungshorizont
DGFI – II. Abteilung

1	2	3	4	5	6	7
Draht	Laboreichwerte			Normalstreckeneichwerte		
	Basislänge 8 232 000	Ge- wicht <i>P</i>	Verbesse- rungen <i>v</i>	Basislänge 8 232 000	Ge- wicht <i>P</i>	Verbesse- rungen <i>v</i>
	mm		mm	mm		mm
	+			+		
A 27	554,191	2	+ 8,615	557,483	2	— 1,078
301	552,048	2	+ 10,758	561,345	2	— 4,940
302	554,068	2	+ 8,738	559,934	2	— 3,529
84536	559,738	2	+ 3,068	554,402	2	+ 2,003
36	559,868	2	+ 2,938	551,786	2	+ 4,619
37	572,449	2	— 9,643	553,730	2	+ 2,675
38	570,168	2	— 7,362	560,028	2	— 3,623
381	583,451	2	— 20,645	551,523	2	+ 4,882
382	564,173	2	— 1,367	555,236	2	+ 1,169
383	557,904	2	+ 4,902	558,573	2	— 2,168
Mittel	+ 562,806	[<i>p v v</i>] = 1767,3014		+ 556,405	[<i>p v v</i>] = 227,0984	
<i>m</i> ₀	$\sqrt{\frac{1767,3014}{9}} = \pm 14,01 \text{ mm}$			$\sqrt{\frac{227,0984}{9}} = \pm 5,02 \text{ mm}$		
<i>m</i> _{<i>i</i>}	$\frac{14,01}{\sqrt{20}} = \pm 3,13 \text{ mm}$			$\frac{5,02}{\sqrt{20}} = \pm 1,12 \text{ mm}$		

Basislänge im Messungshorizont
aus Laboreichwerten :

8 232 562,81 mm

Basislänge im Messungshorizont
aus Normalstreckeneichwerten :

8 232 556,40 mm

Längendifferenz im Sinne

Normalstreckeneichung minus Laboreichung:

— 6,41 mm

das ist:

— $0,8 \times 10^{-6}$

Tabelle 6

Endergebnis der Basismessung München-Ebersberg
 Basislänge aus Laboratoriumseichwerten
 im Messungshorizont

I. Abt. DGFI: 8 232 559,68 mm $\pm$ 2,26 mm

II. Abt. DGFI: 8 232 562,81 mm $\pm$ 3,13 mm

Mittel: 8 232 561,24 mm $\pm$ 1,56 mm

Differenz: — 3,13 mm

Basislänge aus Normalstreckeneichwerten
 im Messungshorizont

I. Abt. DGFI: 8 232 557,11 mm $\pm$ 2,37 mm

II. Abt. DGFI: 8 232 556,40 mm $\pm$ 1,12 mm

Mittel: 8 232 556,75 mm $\pm$ 0,35 mm

Differenz: + 0,71 mm

Damit weichen die Mittelwerte für die Basislängen aus Laboratoriumseichwerten und Normalstreckeneichwerten um + 4,54 mm auf 8,2 km, d. i. $0,5 \cdot 10^{-7}$, also wieder völlig unbedeutend voneinander ab.

Entsprechend den Empfehlungen der IAG wird für die endgültige Darstellung der Basis nur die aus Normalstreckeneichwerten abgeleitete Länge benutzt; also gilt für die Länge der Basis im Messungshorizont der Endwert

8 232 556,75 mm,

der noch mit — 710,40 mm auf die mittlere Meereshöhe zu reduzieren ist, und endgültig

8 231 846,35 mm

oder abgekürzt

8 231 846 mm .

Die Genauigkeit des Endwertes kann mit $\pm$ 2 mm veranschlagt werden.

Tabelle 7a

Messungen mit dem Geodimeter NASM 4 auf der Normalstrecke Ebersberg

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr.	Datum	Zeit	Wetter	Temperatur	Druck	Spannung	Beobachtung	Länge	v	Invar- draht minus Geodi- meter	Bemerkungen
				°C	mm Hg	Volt		m	mm	mm	
					Invardrahtlänge:			77,574			Solllänge aus Drahtmessung
6	13. 6.	10 ⁴⁰	heiter, leichter Wind	17.7	714.0	6.6	Me	77,549	+ 4		1° + 200", ohne Blende
7	"	11 ²⁵	"	18.0	713.9	6.3	He	556	— 3		"
14	14. 6.	10 ⁰²	½ bedeckt, windstill	21.6	715.4	6.6	Me	544	+ 9		"
18	"	13 ²⁰	"	24.6	714.9	6.8	He	553	± 0		"
23	15. 6.	12 ³⁸	heiter, leichter Wind	26.2	717.7	6.4	He	549	+ 4		"
49	26. 6.	15 ¹⁸	Strecke im Schatten	20.2	713.5	6.8	Me	555	— 3		1° + 250", mittlere Blende
50	"	15 ⁴⁰	"	20.2	713.5	6.7	He	563	— 10		"
							Mittel	77,553	$m_0 = \pm 6 + 21$		"
									$m_i = \pm 2$		"

				Invardrahtlänge:				221,570			Solllänge aus Drahtmessung 1° + 200", ohne Blende
				19.8	712.9	6.8	Me				
8	13. 6.	13 ²⁰	heiter, windstill Strecke im Schatten	20.3	713.0	6.5	He	574	— 3		
9	"	13 ⁴⁰	"	24.0	715.2	6.3	Me	571	+ 1		"
15	14. 6.	10 ⁴⁰	1/2 bedeckt, windstill	24.4	714.9	6.8	He	571	+ 1		"
19	"	13 ⁵⁵	heiter, windstill	26.0	717.6	6.0	Bo	583	— 11		"
24	15. 6.	13 ²⁵	heiter, frischer Wind Strecke im Schatten	20.2	712.8	6.2	Me	567	+ 5		"
51	26. 6.	16 ¹¹	heiter Strecke im Schatten	19.8	712.8	6.2	He	574	— 2		"
52	"	16 ³¹	"	10.3	713.6	6.8	Me	563	+ 9		"
59	"	22 ⁵⁸	bedeckt, diesig	10.6	714.6	6.8	He	573	— 1		"
60	"	23 ²¹	Regen				Mittel	221,572	$m_0 = \pm 6$	— 2	
									$m_i = \pm 2$	± 2	

Tabelle 7b

Messungen mit dem Geodimeter NASM 4 auf der Normalstrecke Ebersberg

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr.	Datum	Zeit	Wetter	Temperatur	Druck	Spannung	Beobachter	Länge	v	Invar- draht minus Geodimeter	Bemerkungen
				°C	mm Hg	Volt		m	mm	mm	
10	13. 6.	14 ¹⁰	heiter, Strecke i. Schatten	21.0	712.6	6.2	Me	437,593	+9		Solllänge
11	"	15 ¹⁰	"	21.1	712.8	6.1	He	582	+7		3 Pr. (1° usw.) + 3 × 50" o. Blende
16	14. 6.	11 ¹⁰	wechselnd bewölkt	23.7	715.2	7.0	Me	589	± 0		"
20	"	14 ³²	"	24.2	714.9	6.6	He	595	—6		"
53	26. 6.	17 ⁰²	Strecke im Schatten heiter, leichter Wind	19.6	712.6	7.2	Me	594	—5		1° + 50"
54	"	17 ²³	"	19.6	712.6	7.4	He	592	—3		"
							Mittel	437,589	$m_0 = \pm 6$	+4	"
									$m_i = \pm 3$	± 3	"
21	14. 6.	15 ⁰⁵	leicht bewölkt Strecke im Schatten	24.4	714.9	6.8	He	653,574		+2	Solllänge
							Invardrahtlänge:	653,576			3 Pr. (1° usw.) + 3 × 50" "

Tabelle 8a
Messungen mit dem Geodimeter NASM 4 auf der Basis Ebersberg

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr.	Datum	Zeit	Wetter	Temperatur	Druck	Spannung	Beobachter	Länge (Schrägenfernung im Messungshorizont)	v	Invar- draht minus Geodimeter	Bemerkungen
				°C	mm Hg	Volt		m	mm	mm	
27	19. 6.	20 ⁵⁰	bedeckt, windig	17.4	711.0	6.4	Me	8232,989	+ 1		
28	"	21 ¹⁴	"	17.0	711.2	7.1	He	999	— 9		
29	"	21 ³⁵	Regen	16.6	711.3	7.1	Me	988	+ 2		
30	"	22 ⁰¹	"	16.1	711.0	7.1	He	977	+ 13		
31	"	22 ²²	leichter Regen	15.6	711.1	7.0	Me	984	+ 6		
32	"	22 ⁴⁶	bedeckt	16.0	711.2	7.0	He	3,001	— 11		
							Mittel	8232,990	$m_0 = \pm 9$ $m_i = \pm 4$		
33	22. 6.	20 ⁴⁵	klar, windstill	22.9	714.8	7.4	Me	8233,005	+ 4		
34	"	21 ¹⁰	"	22.9	715.2	7.4	He	014	— 5		
35	"	21 ³²	"	22.8	715.0	6.4	Me	015	— 6		
36	"	21 ⁵²	"	22.7	715.0	6.4	He	000	+ 9		
37	"	22 ¹²	"	22.6	715.2	6.4	Me	2,999	+ 10		
38	"	22 ³³	"	22.5	715.2	7.3	He	3,010	— 1		
39	"	22 ⁵⁴	"	22.6	715.2	7.3	Me	017	— 8		
40	"	23 ¹⁵	"	22.5	715.3	7.2	He	011	— 2		
							Mittel	8233,009	$m_0 = \pm 7$ $m_i = \pm 2$		

Tabelle 8b Messungen mit dem Geodimeter auf der Basis Ebersberg

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr.	Datum	Zeit	Wetter	Temperatur	Druck	Spannung	Beobachter	Länge (Schrägen- fernung im Messungs- horizont)	v	Invar- draht minus Geodi- meter	Bemerkungen
				°C	mm Hg	Volt		m	mm	mm	
1962											
41	25. 6.	20 ⁵⁸	leicht bed. schwach dunstig	15.7	714.4	7.2	Me	8 232,997	+ 10		vorher Birnenwechsel
42	"	21 ²⁰	"	15.5	714.4	7.0	He	3,004	+ 3		bei 6.2 V nur Halbausschlag,
43	"	21 ⁴⁷	zunehmend bewölkt, Dunst	15.0	714.4	7.2	Me	004	+ 3		bei 7.0 V Vollausschlag am
44	"	22 ⁰⁸	"	14.7	714.3	7.3	He	006	+ 1		Nullindikator
45	"	22 ²⁸	wieder klarer	14.4	714.2	7.3	Me	012	— 5		
46	"	22 ⁴⁷	"	14.2	714.3	7.3	He	010	— 3		
47	"	23 ⁰²	leicht bedeckt, windstill	14.0	714.2	7.2	Me	014	— 7		
48	"	23 ¹⁸	"	13.9	714.1	7.2	He	007	± 0		
							Mittel	8 233,007	$m_0 = \pm 5$ $m_i = \pm 2$		
								8 232,990 m			— 1,143 ¹ = 8 231,847 m
								8 233,009 m			— 1,143 = 8 231,866 m
								8 233,007 m			— 1,143 = 8 231,864 m
								8 233,002 m			= 8 231,859 m
								± 0,006 m			Die Differenz Drahtmessung
								8 231,859 m ± 0,006 m			minus Geodimeter
								8 231,846 m ± 0,002 m			beträgt — 13 mm

Schräger Abstand Basis Nord — Basis Süd

im Horizont der Beobachtung (einfaches Mittel aus drei Nachtmitteln)

Abstand Basis Nord — Basis Süd in N.N. aus Geodimetermessungen

Abstand Basis Nord — Basis Süd in N.N. aus Drahtmessg.

(aus Abh. d. Bayer. Ak. d. W. Nr. 103 S. 28)

¹ Σ der Reduktionen (entnommen aus Abhandl. der Bayer. Akad. d. Wiss. Nr. 100 S. 25) — 1,143 m

Tabelle 9

Tellurometermessungen auf der Basis München
DGFI – I. Abteilung

Tag	Uhrzeit	Sphäroidische Seitenlänge S	Meßrichtung
	h m	m	
20. 8. 1958	12.00	8 231,928	
	13.00	8 231,946	
	13.30	8 231,944	
	14.00	8 231,938	
	14.35	8 232,041	
13. 9. 1958	9.30	8 231,925	
	10.00	8 231,918	
	10.30	8 231,942	
	11.00	8 231,908	
19. 9. 1958	9.45	8 231,934	
	10.00	8 231,895	
	10.30	8 231,877	
	14.00	8 231,914	
	15.00	8 231,866	
	15.15	8 231,863	
Mittelwerte:			
20. 8. 1958		$S = 8\,231,959\text{ m} \pm 2,1\text{ cm}$	————→
13. 9. 1958		$S = 8\,231,923\text{ m} \pm 0,7\text{ cm}$	←————
19. 9. 1958		$S = 8\,231,892\text{ m} \pm 1,1\text{ cm}$	————→

Gesamtmittel der Tellurometermessungen $S'_T = 8\,231,923\text{ m} \pm 1,1\text{ cm}$

Drahtmessung $S_0 = 8\,231,846\text{ m}$

Differenz $= + 0,077\text{ m}$

Aus allen Beobachtungen zusammen ergeben sich die mittleren Fehler

$m_S = \text{m. F. der einmal gemessenen Seite} \pm 3,2\text{ cm},$

$\mu_S = \text{m. F. des arithmetischen Mittels} \pm 0,8\text{ cm}.$

b) II. Abteilung des DGFI:

Auch bei den Tellurometermessungen der II. Abteilung des DGFI ist die Seite „Basis Süd – Basis Nord“ mehrfach bestimmt

worden; für die reduzierte, auf die Punktzentren bezogene sphäroidische Seitenlänge ergaben sich dabei die Werte der Tabelle 10.

Tabelle 10

Tellurometermessungen auf der Basis München
DGFI – II. Abteilung

Tag	Sphäroidische Seitenlänge S	Wetterverhältnisse	Tempe- ratur
	m		°C
24. 8. 1958	8 231,74	2/10 bedeckt, windig	16,3
24. 8. 1958	8 231,75	2/10 bedeckt, windig	16,3
24. 8. 1958	8 231,81	8/10 bedeckt, windig	17,6
24. 8. 1958	8 231,82	8/10 bedeckt, windig	18,2
24. 8. 1958	8 231,82	9/10 bedeckt, windig	17,4
6. 10. 1958	8 231,87	8/10 bedeckt, dunstig	12,5
10. 10. 1958	8 231,82	sonnig	15,9
10. 10. 1958	8 231,84	sonnig	17,1

Daraus ergibt sich folgender Mittelwert:

Gesamtmittel der Tellurometermessungen $S_T'' = 8\,231,81 \text{ m} \pm 1,6 \text{ cm}$

Drahtmessung $S_0 = 8\,231,846 \text{ m}$

Differenz $= - 0,036 \text{ m}$

Mittelt man die beiden Ergebnisse, so erhält man aus

I. Abt.

II. Abt.

$$S_T' = 8\,231,92 \text{ m}$$

$$\text{und } S_T'' = 8\,231,81 \text{ m}$$

für die Länge der Basis in völliger Übereinstimmung mit den Geodimetermessungen das Gesamtmittel

$$S_T = 8\,231,86 \text{ m},$$

gegenüber dem Ergebnis der Drahtmessung (8 231,85 m) also ebenfalls nur eine Differenz von zufällig nur 0,01 m.

III. Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg

Die Erkundung und Bebauung des Basisvergrößerungsnetzes München – Ebersberg übernahm das Bayerische Landesvermessungsamt.

Das Netz umfaßt folgende Punkte:

- München, nördlicher Frauenturm, Alte Helmstange;
- Schweitenkirchen, Festlegung I. Ordnung;
- Parsdorf, Festlegung II. Ordnung;
- Aufkirchen, Platte III. Ordnung mit Leuchtbolzen unter dem Gerüst 1958;
- Basisendpunkt Nord;
- Basisendpunkt Süd,

also insgesamt sechs Stationen mit zwölf hin- und zurückbeobachteten Seiten.

Die Beobachtung des Basisvergrößerungsnetzes erfolgte durch direkte *Winkelmessung* unter *Beachtung* der von Prof. Dr. H. Wolf vorgerechneten Schreiberschen Gewichte. Herr ORR Dr. Weigand vom Bayerischen Landesvermessungsamt hat für statistische Vergleiche zusätzliche Winkel- und Richtungsbeobachtungen durchführen lassen, auf die wir weiter unten zu sprechen kommen. Die Anordnung der Winkelmessung nach dem Schreiberschen Satz entnehmen wir der Abb. 6, die Ergebnisse der Winkelbeobachtungen der Tabelle 11. Beobachtet wurde mit zwei Wild T 4- und einem Wild T 3-Theodoliten.

Die Ausgleichung des Basisvergrößerungsnetzes München – Ebersberg erfolgte rein geometrisch und zwangsfrei.

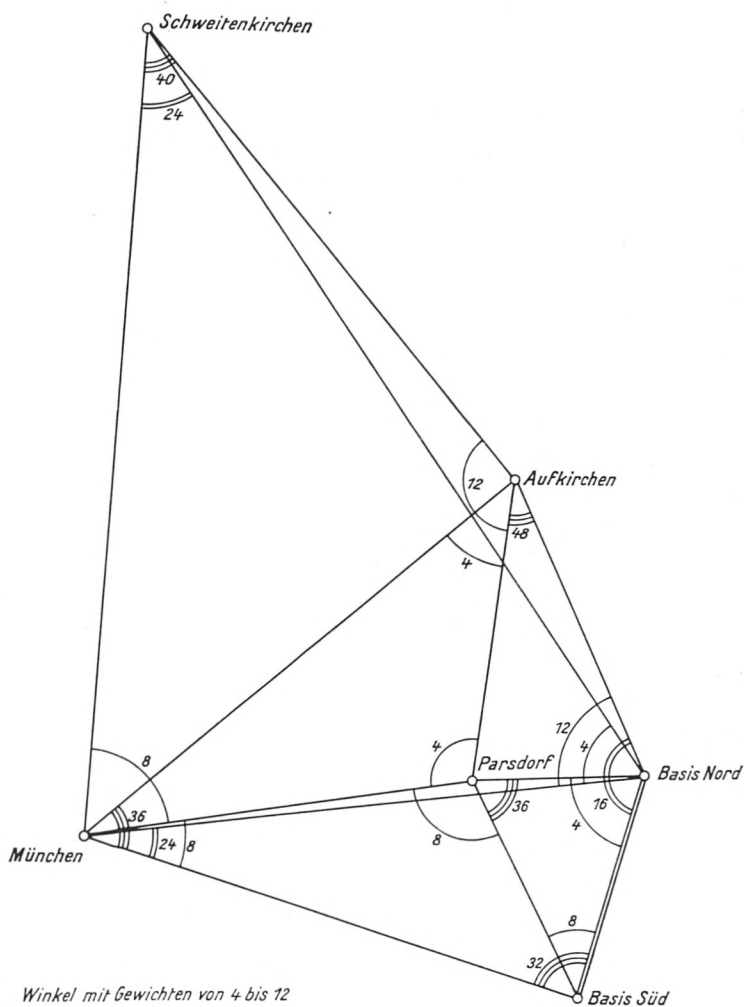
Es ergaben sich 7 Dreiecksbedingungen (Nr. 1–7), 1 Zentral- und 2 Diagonalbedingungen (θ Nr. 8, X Nr. 9 und 10), insgesamt also 10 Bedingungen.

Um kleinere Zahlen zu erhalten, wurden die Gewichte mit $p = \frac{\text{Anzahl der Sätze}}{4}$ angesetzt.

Wie üblich wurden für das Netz unbestimmte Korrelatenkoeffizienten, daraus durch Einsetzen der Widersprüche die bestimmten Korrelaten und weiter die Verbesserungen v der Winkel berechnet. Die unbestimmten Korrelatenkoeffizienten wurden durch Einsetzen in die Normalgleichungen verprobt.

Für die Übertragungsgleichung (Gewichtsübertragung Basis Ebersberg – Dreiecksseite München/Schweitenkirchen) wurde erhalten:

$$[AA] = 0,280. \text{ Daraus folgt } p_s = \frac{1}{[AA]} = + 3,573.$$



 Winkel mit Gewichten von 4 bis 12

 Winkel mit Gewichten von 16 bis 24

 Winkel mit Gewichten von 32 bis 48

Abb. 6. Wiederholungszahlen für die Winkelbeobachtung im Basisvergrößerungsnetz

Tabelle 11
Zusammenstellung der Beobachtungen¹

	μ_w	Anzahl der Sätze
Station: Schweitenkirchen, Festl. I. O.		
Winkel 1-3 = 43°15'25,48"	= ± 0,07"	40
Winkel 2-3 = 36°53'22,73"	= 0,08"	24
Station: Aufkirchen, Platte mit Leuchtbolzen		
Winkel 4-5 = 30°13'17,48"	= 0,07"	48
Winkel 5-6 = 41°31'22,87"	= 0,21"	4
Winkel 5-7 = 132°49'12,96"	= 0,11"	12
Station: Basis Nord		
Winkel 17-19 = 73°19'09,19"	= 0,30"	4
Winkel 17-21 = 144°27'19,87"	= 0,12"	16
Winkel 18-20 = 61°06'07,84"	= 0,22"	4
Winkel 18-21 = 71°41'34,91"	= 0,12"	12
Station: Basis Süd		
Winkel 22-24 = 90°11'58,14"	= 0,10"	32
Winkel 23-24 = 56°58'09,29"	= 0,13"	8
Station: Parsdorf, Neufarner Berg, Festl. II. O.		
Winkel 14-15 = 49°42'41,87"	= 0,07"	36
Winkel 15-16 = 129°28'02,88"	= 0,13"	8
Winkel 16-13 = 102°10'43,40"	= 0,20"	4
Station: München, Frauenkirche, Ostpfeiler		
Winkel 8-10 = 81°44'40,66"	= 0,16"	8
Winkel 9-12 = 53°36'02,36"	= 0,08"	36
Winkel 10-12 = 17°18'08,21"	= 0,15"	8
Winkel 11-12 = 17°02'16,89"	= 0,10"	24

Die Gewichtseinheit ist ein einmal beobachteter Winkel.

Fehlerrechnung.

Aus der Ausgleichung ergab sich weiter:

$$[-wk] = [pvv] = 2,0913.$$

Daraus folgt der mittlere Fehler der Gewichtseinheit

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{r}} = \pm 0,46''.$$

Die Verbesserungen v und die ausgeglichenen sphäroidischen Winkel zeigt Tabelle 12, wobei hier lediglich die Spalte Verbesserung interessiert.

¹ Hier sind alle Beobachtungen nach München, Frauenkirche auf den Ostpfeiler bezogen.

Tabelle 12
Zusammenstellung
der ausgeglichenen sphäroidischen Winkel¹

Standpunkt	Richtungs- differenz	Beobachtete Winkel			Ausgegliche Winkel			Verbesse- rung
		0	1	11	0	1	11	
München, nördl.	8 - 10	81	44	25,00	81	44	25,151	+ 0,151
Frauenturm A HS	9 - 12	53	35	25,82	53	35	25,854	+ 0,034
	10 - 12	17	17	50,43	17	17	50,932	+ 0,502
	11 - 12	17	02	03,85	17	02	03,983	+ 0,133
Schweitenkirchen	1 - 3	43	15	55,25	43	15	55,183	- 0,067
Festl. I.O.	2 - 3	36	53	52,50	36	53	52,699	+ 0,199
Aufkirchen,	4 - 5	30	13	17,48	30	13	17,475	- 0,005
Platte III.O.	5 - 6	41	31	55,74	41	31	56,362	+ 0,622
unter Gerüst 58	5 - 7	132	49	12,96	132	49	13,027	+ 0,067
Basis Nord	17 - 19	73	19	09,19	73	19	08,893	- 0,297
Endpunkt	17 - 21	144	27	19,87	144	27	20,155	+ 0,285
	18 - 20	61	05	58,47	61	05	58,089	- 0,381
	18 - 21	71	41	25,54	71	41	25,483	- 0,057
Basis Süd	22 - 24	90	12	01,81	90	12	01,905	+ 0,095
Endpunkt	23 - 24	56	58	09,29	56	58	09,440	+ 0,150
Parsdorf	14 - 15	49	42	41,87	49	42	41,847	- 0,023
Festl. I.O.	15 - 16	129	28	16,99	129	28	16,988	- 0,002
	16 - 13	102	10	29,29	102	10	29,519	+ 0,229

Für die Seite München - Schweitenkirchen folgt der mittlere relative Längenübertragungsfehler

$$m_{s_0} = \pm \frac{m_0''}{\rho''} \sqrt{[AA]} = \pm 1,2 \text{ mm/km}$$

und der mittlere absolute Längenübertragungsfehler

$$m_s = m_{s_0} \cdot S = \pm 48 \text{ mm.}$$

Die Seitenberechnung erfolgte ausgehend von der Länge der Basis Ebersberg mit 8231,846 m, die Koordinierung im Anschluß an den TP I.O. München, nördl. Frauenturm, Alte Helmstange, und an das Azimut München - Schweitenkirchen, TP.

In Tabelle 13 sind die trigonometrisch bestimmten Längen der Seiten des Vergrößerungsnetzes und in Tabelle 14 die zu-

¹ Alle Beobachtungen mit München, Frauenkirche sind auf den nördl. Turm, alte Helmstange bezogen.

gehörigen Gauß-Krüger-Koordinaten (3^0 -Streifen, Bessel-Ellipsoid) zusammengestellt.

Tabelle 13

Zusammenstellung der sich ergebenden Seiten, wobei Basis Ebersberg gleich 8 231,846 m ist

von	Seite nach	Sphäroidische Länge, bei Ausgleichung nach Winkeln
		m
München	– Schweitenkirchen	40 974,215
	Aufkirchen	28 089,810
	Parsdorf	19 053,239
	Basis Süd	26 838,502
	Basis Nord	28 100,081
Aufkirchen	– Schweitenkirchen	29 205,720
	Parsdorf	17 009,315
	Basis Nord	17 622,702
Basis Nord	– Parsdorf	9 047,466
	Schweitenkirchen	46 348,054
Basis Süd	– Parsdorf	10 337,497
	Basis Nord	8 231,846

Tabelle 14

Zusammenstellung der Koordinaten

Punkt	Koordinaten bei Aus- gleichung nach ungleich- gewichtigen Winkeln
	m
Schweitenkirchen	y = 44 71 094,104 x = 53 74 373,640
Aufkirchen	y = 44 89 628,990 x = 53 51 802,841
Basis Nord	y = 44 96 354,323 x = 53 35 513,889
Basis Süd	y = 44 94 487,208 x = 53 27 496,583
Parsdorf	y = 44 87 324,418 x = 53 34 950,340
München	y = 44 68 326,910 x = 53 33 492,510

**Die Tellurometer- und Geodimetermessungen
im Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg**

Auch das Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg wurde von zwei verschiedenen Meßtrupps der I. und II. Abteilung des DGFI mit verschiedenen Tellurometern mehrmals ausgemessen. Gleichzeitig wurden neben der Basis auch vier weitere Seiten des Basisvergrößerungsnetzes mit einem Geodimeter vermessen. Es sollen auch hier wiederum nur die beobachteten Seitenlängen und die sich daraus ergebenden Vergleiche aufgezeigt werden.

Tabelle 15

Vergleich der Tellurometermessungen. Vergleich der gemessenen Seiten

Netzseite		Sphäroidische Entfernung I. Abteilung (Beobachtet)	Sphäroidische Entfernung II. Abteilung (Beobachtet)	Differenz der Spalten 2–3
von	Spalte 1 nach	Spalte 2 m	Spalte 3 m	Spalte 4 cm
				<i>d</i>
München–Deutenhausen		20056,738	—	—
München–Schweitenkirchen . .		40974,775	40974,680	+ 9,5
München–Aufkirchen		28090,096	28090,238	— 14,2
München–Parsdorf		19053,405	19053,424	— 1,9
München–Basis Nord		28100,324	28100,279	+ 4,5
München–Basis Süd		26838,674	26838,640	+ 3,4
Deutenhausen–Schweitenkirchen		20918,199	—	—
Deutenhausen–Aufkirchen . .		20003,694	—	—
Schweitenkirchen–Aufkirchen . .		29206,034	29205,901	+ 13,3
Schweitenkirchen–Parsdorf . . .		—	42633,611	—
Schweitenkirchen–Basis Nord . .		46348,532	46348,344	+ 18,8
Aufkirchen–Parsdorf		17009,545	17009,551	— 0,6
Aufkirchen–Basis Nord		17623,058	17622,967	+ 9,1
Aufkirchen–Basis Süd		—	24787,185	—
Parsdorf–Basis Nord		9047,654	9047,512	+ 14,2
Parsdorf–Basis Süd		10337,572	10337,475	+ 9,7
Basis Nord–Basis Süd		8231,925	8231,809	+ 11,6

$$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} = \sqrt{\frac{1371,10}{12}} = \pm 10,7 \text{ cm}$$

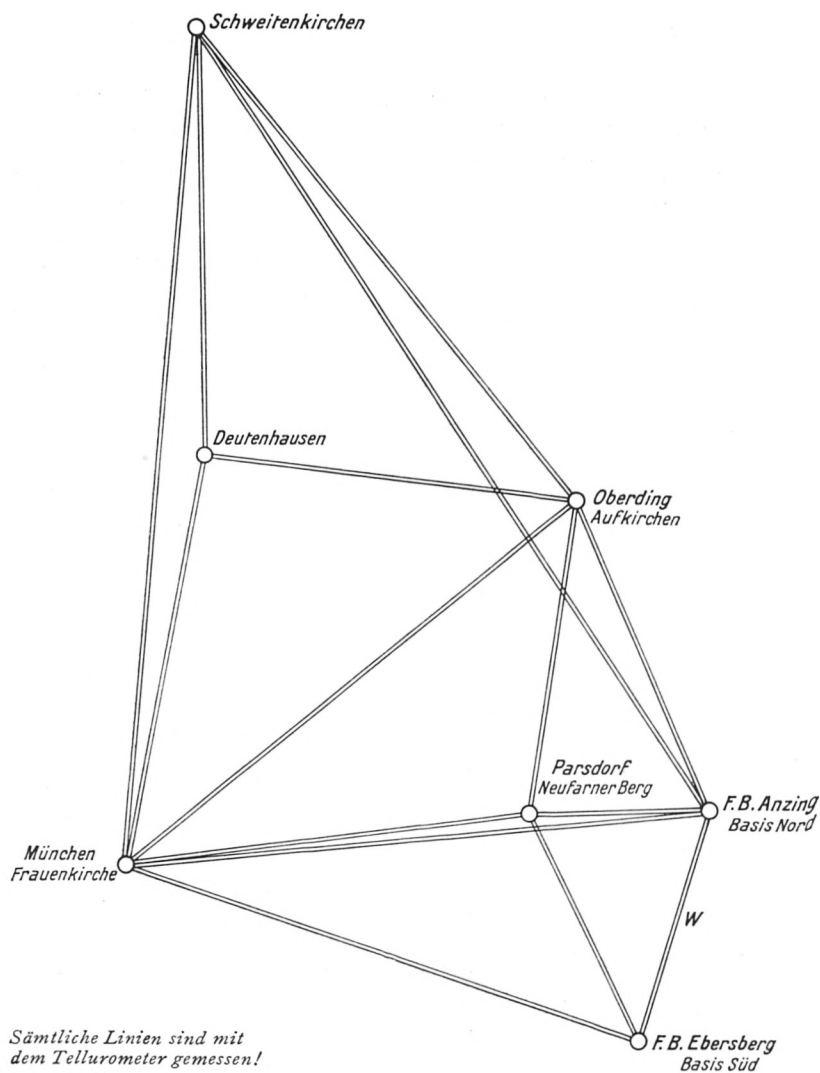


Abb. 7

Basisvergrößerungsnetz München-Ebersberg
 Tellurometermessungen 1958 der I. Abt. des DGFI

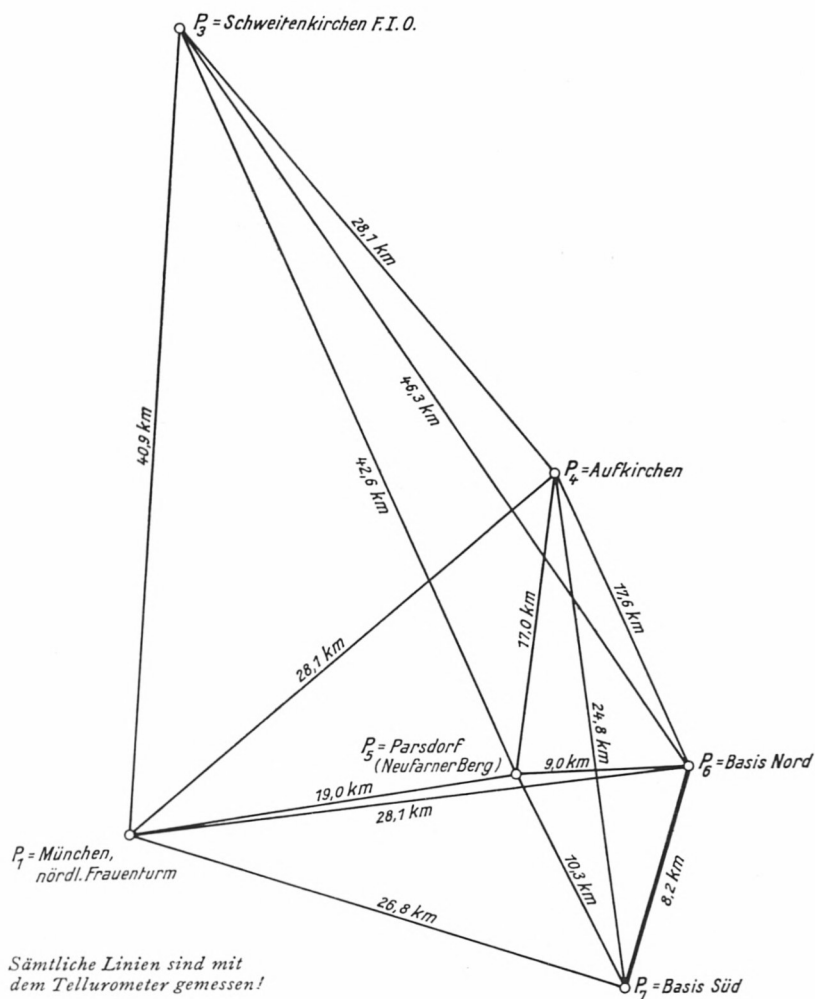


Abb. 8.

Basisvergrößerungsnetz München
Tellurometermessungen 1958 der II. Abt. des DGFI

Tellurometermessungen im Basisvergrößerungsnetz

Die Tellurometermessungen der I. und II. Abteilung des DGFI im Basisvergrößerungsnetz sind in Abb. 7 und 8 dargestellt und mit sämtlichen Reduktionen in Tabelle 15 zusammengestellt. Die Ergebnisse der Ausgleichung der beiden Streckennetze enthält Tabelle 16. Die Beobachtungsdifferenzen zwischen den beiden Abteilungen erreichen bis zu 2 dm, die mittleren Differenzen betragen rund 1 dm.

Tabelle 16
Vergleich der ausgeglichenen Tellurometer-Netze

Netzseite	Sphäroidische Seiten Ausgleichung II der I. Abteilung Gleichgewichtig (mit TP Deutenhausen)	Sphäroidische Seiten Ausgleichung I der II. Abteilung Gleichgewichtig	Differenzen der Spalten 2—3 d
Spalte 1 von — nach	Spalte 2 (m)	Spalte 3 (m)	Spalte 4 (cm)
München-Deutenhausen	20056,684	—	—
München-Schweitenkirchen	40974,817	40974,673	+ 14,4
München-Aufkirchen	28090,108	28090,245	— 13,7
München-Parsdorf	19053,367	19053,416	— 4,9
München-Basis Nord	28100,353	28100,290	+ 6,3
München-Basis Süd	26838,666	26838,631	+ 3,5
Deutenhausen-Schweitenkirchen	20918,144	—	—
Deutenhausen-Aufkirchen	20003,695	—	—
Schweitenkirchen-Aufkirchen	29205,976	29205,866	+ 11,0
Schweitenkirchen-Parsdorf	—	42633,613	—
Schweitenkirchen-Basis Nord	46348,606	46348,382	+ 22,4
Aufkirchen-Parsdorf	17009,543	17009,556	— 1,3
Aufkirchen-Basis Nord	17622,968	17622,924	+ 4,4
Aufkirchen-Basis Süd	—	24787,189	—
Parsdorf-Basis Nord	9047,610	9047,498	+ 11,2
Parsdorf-Basis Süd	10337,582	10337,483	+ 9,9
Basis Nord-Basis Süd	8231,917	8231,801	+ 11,6

$$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} = \sqrt{\frac{1472,8}{12}} = \pm 11,1 \text{ cm}$$

Geodimetermessungen im Basisnetz München

Auf Einladung des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts wurden vom Österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen auch mehrere Seiten des Basisentwicklungsnetzes München mit dem Geodimeter von E. Bergstrand, Type NASM-2 A der Firma AGA, Stockholm, gemessen. Die Messungen wurden von Dr. J. Mitter unter Mitwirkung von Dr. E. Senftl in der Zeit vom 9. bis 18. April 1959 ausgeführt. In diesem Zeitraum konnten folgende fünf Seiten gemessen werden (Abb. 9):

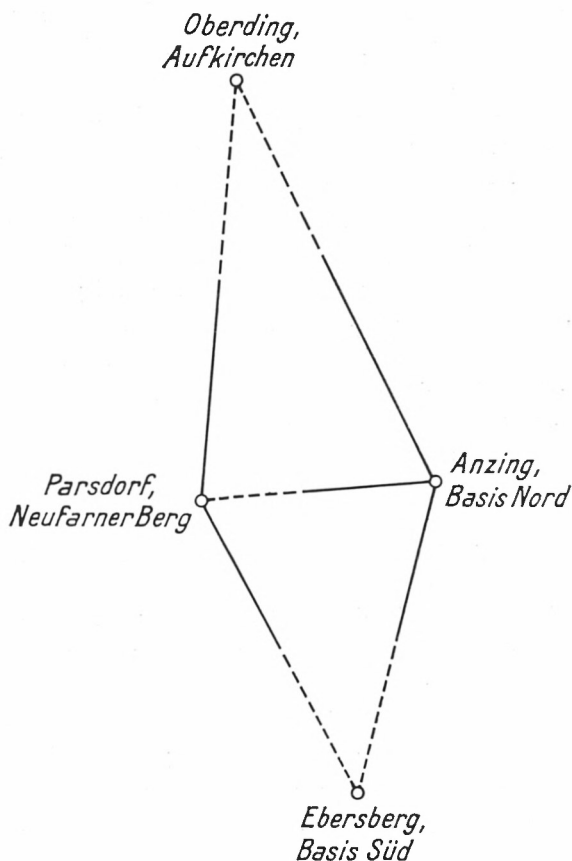


Abb. 9. Geodimetermessungen 1959 im Basisvergrößerungsnetz München-Ebersberg

1. Anzing, Basis Nord – Ebersberg, Basis Süd,
2. Anzing, Basis Nord – Parsdorf, Neufarner Berg,
3. Anzing, Basis Nord – Oberding, Aufkirchen,
4. Parsdorf, Neufarner Berg – Ebersberg, Basis Süd und
5. Parsdorf, Neufarner Berg – Oberding, Aufkirchen.

Sie sind mit ihren Längen von 8,2 bis 17,6 km die kürzesten Seiten des Entwicklungsnetzes und bilden über der Seite Basis Nord – Neufarner Berg zwei Dreiecke. Dieser Netzteil wurde ausgewählt, um auch im Falle starken Dunstes und damit großer Absorption in dem zur Verfügung stehenden Zeitraum Messungen sicher ausführen zu können. Alle fünf Seiten konnten von den zwei Standpunkten Basis Nord und Neufarner Berg aus beobachtet werden.

Das Gelände ist leichtwelliges Flachland zwischen 480 und 610 m über NN; der Südteil ist vom geschlossenen Waldgebiet des Ebersberger Forstes bedeckt. Die Visuren und damit auch das Lichtbündel des Geodimeters verliefen entsprechend den Tischhöhen der Hochstände im Durchschnitt zwischen 20 und 50 m über Grund und ungefähr parallel zum allgemeinen Profil.

Zu Beginn der Messungen (10. bis 12. April) herrschten sehr gute Sichtverhältnisse (visuelle Sichtweite ca. 70 bis 80 km). Später ergaben sich einige Schwierigkeiten.

Die Ergebnisse stellen wir in Tabelle 17 den Tellurometermessungen gegenüber.

Die Genauigkeit der Tellurometer- und Geodimetermessungen

Die Einzelwerte der Tellurometermessungen streuen um etwa ± 7 cm. Bei gleichgewichtiger Ausgleichung des von der I. Abteilung des DGFI gemessenen Telluometernetzes ergibt sich ebenfalls eine mittlere Unsicherheit von ± 8 cm pro Seite, und zwar ziemlich unabhängig von der Länge der Seiten. Bei der gleichgewichtigen Ausgleichung des von der II. Abteilung beobachteten Netzes liegt der entsprechende mittlere Fehler bei ± 3 cm. Der Vergleich der Beobachtungswerte bzw. der ausgeglichenen Werte für entsprechende Seiten beider Abteilungen gibt mittlere Differenzen von etwa ± 10 cm bzw. ± 11 cm und

Tabelle 17
Gegenüberstellung
Geodimetermessungen – Tellurometermessungen

I	Seite von nach	2 Geodimeter- messungen Sphäroidische Länge	3		4		5		6	
			Tellurometermessungen		Differenzen					
			I. Abt. S	m	II. Abt. S	m	3 — 2 d	m	4 — 2 d	m
Aufkirchen – Parsdorf		17 009,583	17 009,545		17 009,551		— 0,038		— 0,032	
Aufkirchen – Basis Nord . . .		17 622,974	17 623,958		17 622,967		+ 0,084		— 0,007	
Parsdorf – Basis Nord		9 047,522	9 047,654		9 047,512		+ 0,132		— 0,010	
Parsdorf – Basis Süd		10 337,540	10 337,572		10 337,475		+ 0,032		— 0,065	
Basis Nord – Basis Süd		8 231,879	8 231,925		8 231,809		+ 0,046		— 0,070	
							$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} =$		$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} =$	
							$= \sqrt{\frac{0,02906}{5}} =$		$= \sqrt{\frac{0,01030}{5}} =$	
							$= \pm 0,76 \text{ m}$		$= \pm 0,045 \text{ m}$	

Maximaldifferenzen von 18,8 cm bzw. 23 cm. Der Vergleich der Tellurometer- und Geodimetermessungen zeigt völlig einseitige Vorzeichenverteilung der Differenzen 3-2 bzw. 4-2, die auf Maßstabsfehler schließen läßt; die gemessenen Seiten der I. Abteilung sind gegenüber den Geodimetermessungen im allgemeinen etwas zu groß, die der II. Abteilung etwas zu klein. Betrachtet man die Geodimetermessungen als fehlerfrei und zum Beispiel die Differenzen 3-2 als wahre Fehler der Tellurometermessung, so ergibt sich der mittlere Fehler einer „Tellurometerseite“ der I. Abteilung des DGFI zu $m_s = \pm 0,076$ m. Für die Tellurometermessungen der II. Abteilung des DGFI ergibt sich auf dieselbe Weise $m_s = \pm 0,045$ m. Diese Werte stimmen gut mit den bei der Ausgleichung bestimmten mittleren Fehlern der Tellurometermessungen überein.

Die mit dem Geodimeter gemessene Länge der Basis (8 231,879 m) stimmt mit der Invardrahtmessung (8 231,846 m) auf 3,3 cm überein.

Zum Vergleich der Tellurometer- und Geodimetermessungen mit dem Basisvergrößerungsnetz wurden zunächst die aus den Ausgleichungen der verschiedenen Netze (Trig. Netz, Tellurometernetz I. Abt. DGFI, Tellurometernetz II. Abt. DGFI, Geodimeternetz) folgenden Winkel, Seiten und Koordinaten einander gegenübergestellt (Tabelle 18, 19 und 20); für das Basisvergrößerungsnetz wurden dabei die aus der Winkelausgleichung nach Gewichten folgenden Ergebnisse benützt. Bei den Geodimetermessungen war nur ein Winkel- und Seitenvergleich möglich, weil das Geodimeternetz den Koordinatennullpunkt nicht enthält.

Die Differenzen in den Tabellen 18 bis 20 wurden in allen Fällen gegen die aus dem Basisvergrößerungsnetz erhaltenen Werte gebildet.

Die aus den Tellurometernetzen berechneten sphäroidischen Winkel des Basisvergrößerungsnetzes (Tabelle 18) weichen im Durchschnitt nur um

$$\pm 1,20'' \text{ (I. Abt.)}$$

$$\text{bzw. } \pm 1,34'' \text{ (II. Abt.)}$$

von den unmittelbar gemessenen Winkeln ab. Die Maximalabweichungen liegen bei 2,6''. Die aus dem Geodimeternetz berechne-

Tabelle 18 Winkelvergleich

Station	Winkel	Sphäroidischer Winkel							aus Geodimetermessungen	
		aus Basis- vergrößerungsnetz (Winkelausgleichung)		aus Tellurometermessungen			Ausgeglt. Beobach- tungen	Verbesserung 3-8		
		München		Frankfurt	Verbesserung 3-6					
		3	4	5 <i>d</i>	6	7 <i>d</i>	8	9 <i>d</i>		
I Schweitenkirchen . .	1-3	43° 15' 55,183"	54,41"	+ 0,77"	55,99"	- 0,81"				
	2-3	36° 53' 52,699"	52,31"	+ 0,39"	52,63"	+ 0,07"				
	4-5	30° 13' 17,475"	17,51"	- 0,03"	16,39"	+ 1,09"				
	5-6	41° 31' 56,362"	55,50"	+ 0,86"	54,82"	+ 1,54"		16,42"	+ 1,06"	
	5-7	132° 49' 13,027"	14,28"	- 1,25"	12,00"	+ 1,03"				
München	8-10	81° 44' 25,151"	24,21"	+ 0,94"	23,28"	+ 1,87"				
	9-12	53° 35' 25,854"	26,66"	- 0,81"	25,18"	+ 0,67"				
	10-12	17° 17' 50,932"	51,34"	- 0,41"	50,80"	+ 0,13"				
	11-12	17° 02' 03,983"	03,95"	+ 0,03"	03,17"	+ 0,81"				
	14-15	49° 42' 41,847"	41,60"	+ 0,25"	40,76"	+ 1,09"		41,66"	+ 0,17"	
Parsdorf	15-16	129° 28' 16,988"	15,88"	+ 1,11"	15,95"	+ 1,04"				
	16-13	102° 10' 29,519"	29,98"	- 0,46"	31,61"	- 2,09"				
	17-19	73° 19' 08,893"	07,29"	+ 1,60"	08,59"	+ 0,30"		08,60"	+ 0,29"	
	17-21	144° 27' 20,155"	17,63"	+ 2,53"	20,87"	- 0,71"		20,39"	- 0,23"	
	18-20	61° 05' 58,089"	58,96"	- 0,87"	59,32"	- 1,23"				
Basis Nord	18-21	71° 41' 25,483"	25,46"	+ 0,02"	27,97"	- 2,49"				
	22-24	90° 12' 01,905"	04,45"	- 2,25"	04,50"	- 2,60"		09,93"	- 0,49"	
	23-24	56° 58' 09,440"	11,28"	- 1,84"	10,85"	- 1,41"				
			$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} =$		$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} =$		$\sqrt{\frac{[dd]}{n}} =$			
			$\sqrt{\frac{25,8692}{18}} = \pm 1,20$		$\sqrt{\frac{33,5934}{18}} = \pm 1,34$		$\sqrt{\frac{1,5296}{5}} = \pm 0,55$			

ten Winkel weichen im Durchschnitt nur um $\pm 0,55''$ von den trigonometrisch bestimmten Winkeln ab. Die Maximalabweichung ist hier nur $1,1''$.

Der Seitenvergleich (Tab. 19) zeigt, daß alle mit dem Tellurometer und Geodimeter gemessenen Seiten zu groß sind. Auch die in Tabelle 20 ausgewiesenen Koordinatendifferenzen sind alle negativ. Dies weist auf einen *Maßstabsfehler der Tellurometer- und Geodimetermessungen oder des Basisvergrößerungsnetzes* hin. Um diesen zu bestimmen, wurden die beiden Tellurometernetze und das Geodimeternetz nach dem Verfahren von Helmert an das Basisvergrößerungsnetz angefeldert. Dabei ergaben sich die in Tabelle 21 ausgewiesenen Maßstabsverbesserungen μ (die Beträge für Parallelverschiebung und Drehung sind hier ohne Interesse).

Die Einzelergebnisse der Helmert-Transformationen sind in Tabelle 22 zusammengestellt, wobei die Gauß-Krüger-Koordinaten des Basisvergrößerungsnetzes als unveränderlich und fehlerfrei betrachtet werden.

Weist man den Tellurometer- und Geodimetermessungen eine Maßstabsverbesserung von rund -1 cm pro km zu, so stimmen die Koordinaten der Tellurometernetze und des Geodimeternetzes auf rund

$$\pm 5 \text{ cm bzw. } \pm 3 \text{ cm}$$

mit dem trigonometrisch bestimmten Basisvergrößerungsnetz überein. Dieses Ergebnis überrascht hinsichtlich seiner Systematik und seiner Genauigkeit.

Es zeigt, daß zwischen den Tellurometernetzen, dem Geodimeternetz und dem trigonometrisch bestimmten Basisnetz zweifellos Maßstabsfehler vorhanden sind.

Es bestehen aber auch zwischen dem neuen trigonometrischen Netz 1958 und dem Claußschen Basisvergrößerungsnetz (1920/1921) und dem bestehenden Hauptdreiecksnetz Maßstabsfehler von derselben Größe und Ordnung (Tab. 24).

Die vorhergehenden Zusammenstellungen und Tabellen sind weitgehend der Abhandlung Bayer. Akademie der Wissenschaften, math.-nat. Kl. N.F. Heft 97 (M. Kneißl, Normalstrecke, Basis und Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg) ent-

Tabelle 19 Seitenvergleich

I		2	3	4	5	6	7	8
Sphäroidische Seite		Sphäroidische Seite						
von	nach	aus Basis- vergrößerungs- Netz (Winkel- ausgleichung)	München		aus Tellurometermessung (ausgeglichen)		aus Geodimetermessung (ausgeglichen)	
			Ausgleichung II	Differenzen 2-3	Ausgleichung I	Frankfurt	Differenzen 2-5	Differenzen 2-7
m	m	m	m	m	m	m	m	
München	— Schweitenkirchen	40974,215	974,816	— 0,601	974,673	<i>d</i>	— 0,458	<i>d</i>
München	— Aufkirchen . . .	28089,810	090,117	— 0,307	090,245	— 0,435		
München	— Parsdorf . . .	19053,239	053,366	— 0,127	053,416	— 0,177		
München	— Basis Süd . . .	26838,502	838,661	— 0,159	838,631	— 0,129		
München	— Basis Nord . . .	28100,081	100,354	— 0,273	100,290	— 0,209		
Aufkirchen	— Schweitenkirchen	29205,720	205,971	— 0,251	205,866	— 0,146		
Aufkirchen	— Parsdorf . . .	17009,315	009,552	— 0,237	009,556	— 0,241	009,583	— 0,268
Aufkirchen	— Basis Nord . . .	17622,702	622,990	— 0,288	622,924	— 0,222	622,974	— 0,272
Basis Nord	— Parsdorf . . .	9047,466	047,607	— 0,141	047,498	— 0,032	047,522	— 0,056
Basis Nord	— Schweitenkirchen	46348,054	348,605	— 0,551	348,382	— 0,328		
Basis Süd	— Parsdorf . . .	10337,497	337,577	— 0,080	337,483	+ 0,014	337,540	— 0,043
Basis Süd	— Basis Nord . . .	8231,846	231,920	— 0,074	231,801	+ 0,045	231,879	— 0,033

Tabelle 20
Koordinatenvergleich (Gauß-Krüger-Koordinaten)

1	2	3	4	5	6
Punkt	aus Basis- vergrößerungsnetz Rechtswert Hochwert	aus Tellurometermessungen (Netzausgleich)			
		München		Frankfurt	
		Rechtswert Hochwert	Diffe- renzen 2-3	Rechtswert Hochwert	Diffe- renzen 2-5
	m	m	cm	m	cm
München	44 68 326,91 53 33 492,51	326,91 492,51	<i>d</i>	326,91 492,51	<i>d</i>
Schweitenkirchen.	44 71 094,104 53 74 373,640	094,14 374,24	— 4 — 60	094,14 374,10	— 4 — 46
Aufkirchen . . .	44 89 628,988 53 51 802,841	629,10 803,18	— 11 — 34	629,20 803,26	— 21 — 42
Parsdorf.	44 87 324,418 53 34 950,340	324,54 950,44	— 12 — 10	324,58 950,53	— 16 — 19
Basis Nord . . .	44 96 354,323 53 35 513,889	354,59 513,98	— 27 — 9	354,52 514,06	— 20 — 17
Basis Süd	44 94 487,208 53 27 496,583	487,38 496,62	— 17 — 4	487,39 496,81	— 18 — 23

Tabelle 21

Maßstabsverbesserungen für die Auffassung der Tellurometer-
netze und des Geodimeternetzes auf das trigonometrisch be-
stimmte Basisvergrößerungsnetz

a) Bei den Tellurometermessungen:

I. Abteilung $\mu = -0,112 \text{ m pro } 10 \text{ km} \pm 0,013 \text{ m}$,

II. Abteilung $\mu = -0,076 \text{ m pro } 10 \text{ km} \pm 0,017 \text{ m}$.

b) Bei den Geodimetermessungen:

$\mu = -0,107 \text{ m pro } 10 \text{ km} \pm 0,019 \text{ m}$.

Schließlich werden noch die mittleren Koordinatenklaffungen
(Punktfehler) angegeben. Sie betragen:

a) Bei den Tellurometermessungen:

I. Abteilung vor der Anfelderung $\pm 0,089$ m,
nach der Anfelderung $\pm 0,036$ m,

II. Abteilung vor der Anfelderung $\pm 0,113$ m,
nach der Anfelderung $\pm 0,046$ m.

b) Bei den Geodimetermessungen:

vor der Anfelderung $\pm 0,052$ m,
nach der Anfelderung $\pm 0,026$ m.

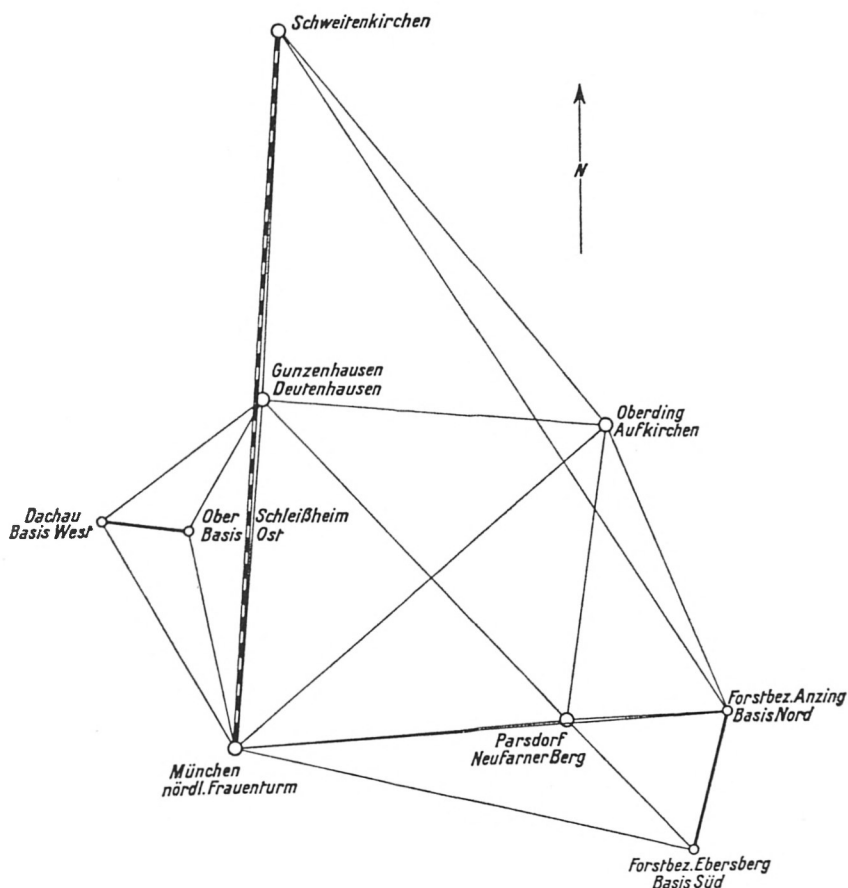


Abb. 10. Zusammenschluß der Basisvergrößerungsnetze
München 1920/21 und München-Ebersberg 1958

Tabelle 22
Helmert-Transformation (Gauß-Krüger-Koordinaten)

Punkt	Aus Basis- vergrößerungsnetz		Aus Tellurometermessungen München I. Abteilung		Aus Tellurometermessungen Frankfurt II. Abteilung		Aus Geodimetermessungen	
	Rechtswert Hochwert	m	nach Helmert- Einpassung	Restklaffung	nach Helmert- Transformation	Restklaffung	nach Helmert- Transformation	Restklaffung
		m	m	m	m	m	m	m
München	44 68 326,910		326,979	— 0,069	326,889	+ 0,021		
	53 33 492,510		492,412	+ 0,098	492,360	+ 0,150		
Schweitenkirchen . .	44 71 094,100		094,156	— 0,056	094,154	— 0,054		
	53 74 373,640		373,685	— 0,045	373,634	+ 0,006		
Aufkirchen	44 89 628,990		628,920	+ 0,070	629,041	— 0,051	628,987	+ 0,003
	53 51 802,840		802,888	— 0,048	802,940	— 0,100	802,870	— 0,030
Basis Nord	44 96 354,320		354,343	— 0,023	354,288	+ 0,032	354,304	+ 0,016
	53 35 513,890		513,874	+ 0,016	513,856	+ 0,034	513,858	+ 0,032
Basis Süd	44 94 487,210		487,158	+ 0,052	487,161	+ 0,049	487,199	+ 0,011
	53 27 496,580		496,603	— 0,023	496,669	— 0,089	469,613	— 0,033
Parsdorf	44 87 324,420		324,395	+ 0,025	324,416	+ 0,004	324,451	— 0,031
	53 34 950,340		950,337	+ 0,003	950,342	— 0,002	950,309	+ 0,031

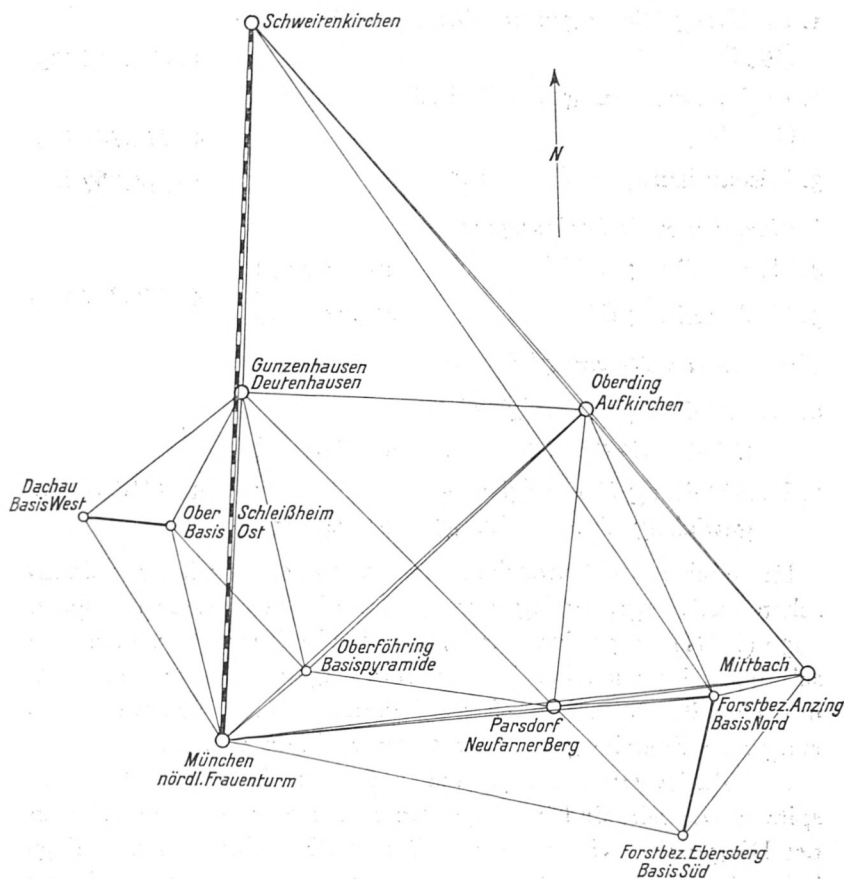


Abb. 11. Zusammenschluß der Basisvergrößerungsnetze.
Erweiterte Figur des Bayerischen Landesvermessungsamtes

nommen, zum Teil berichtigt und durch neuere Messungen ergänzt. Auf Grund der neueren Messungen entsteht die Vermutung, daß die nachgewiesenen Maßstabsfehler in der Hauptsache dem Basisvergrößerungsnetz und erst in zweiter Linie den Tellurometer- und Geodimetermessungen aufzulasten sind. Diese Vermutung stützt sich vor allem auf die Berechnung der Basisvergrößerungsseite München – Schweitenkirchen.

Im einzelnen ergaben sich für die *Hauptdreiecksseite München nördl. Frauenturm*, alte Helmstange – Schweitenkirchen, FIO folgende sphäroidische Werte:

- | | | |
|---|--|----------------------------|
| 1. Basisvergrößerungsnetz München-Ebersberg
(1958) | | 40974,215 m _{int} |
| 2. Basisvergrößerungsnetz München-Dachau
(1920/21) | | 40974,749 m _{int} |
| 3. Réseau Européen (ZEN 1950) | | 40974,767 m _{int} |

Tellurometer-Beobachtungen:

- | | | |
|-----------------------|-----------|------------------------------|
| 4. I. Abteilung DGFI | 40974,775 | } 40974,727 m _{int} |
| 5. II. Abteilung DGFI | 40974,680 | |

Tellurometer-Netzausgleichung:

- | | | |
|--|-----------|------------------------------|
| 6. I. Abteilung DGFI (gleich-
gewichtige Ausgleichung) | 40974,812 | } 40974,742 m _{int} |
| 7. II. Abteilung DGFI (gleich-
gewichtige Ausgleichung) | 40974,673 | |

Hiernach besteht zwischen der Hauptdreiecksseite im Claußschen Basisvergrößerungsnetz 1920, die in das Réseau Européen 1950 (ZEN) eingeführt wurde, und den Tellurometernetzen eine sehr befriedigende Übereinstimmung. Dagegen scheint die Hauptdreiecksseite München – Schweitenkirchen im Basisvergrößerungsnetz Ebersberg um über 50 cm zu klein zu sein.

Die Basisvergrößerungsnetze mit ihren kurzen Seiten und spitzen Winkeln sind im allgemeinen, insbesondere beim Fehlen der Diagonalen, viel zu lockere Gebilde. Es fehlt die Netzsteifigkeit. – Zudem werden bei Anwendung des Schreiberschen Satzes eine Reihe von Winkeln, vor allem auch die Horizontschlüsse vernachlässigt. Die Festsetzung der Wiederholungszahlen für die Winkelmessung in Basisnetzen nach dem Schreiberschen Satz beruht m. E. auf einer sehr fragwürdigen Theorie und führt in der Praxis zweifellos zu fraglichen Ergebnissen. Interessant ist hierbei die Feststellung, daß die Einführung und Beachtung der Schreiberschen Gewichte einen viel zu kleinen mittleren Übertragungsfehler ergibt. So erhält man bei der Ausgleichung des Basisvergrößerungsnetzes München – Ebersberg unter Beachtung der Schreiberschen Gewichtszahlen für die Seite München – Schweitenkirchen einen mittleren Fehler von ± 48 mm. Gleicht man dasselbe Netz gleichgewichtig aus, so fällt der Übertra-

gungsfehler auf ± 12 cm ab. Damit bedarf die Schreibersche Gewichtsfestsetzung einer eingehenden Überprüfung.

Überdies hat Prof. Dr. Clauß 1920/21 in seinem Basisvergrößerungsnetz verschiedene Richtungen von Bodenpeilern aus gemessen und einige schwierige Richtungen ganz weggelassen.

Um die Maßstabsunterschiede aufzuklären, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Die Claußsche Basismessung wurde mit Invardrähten durchgeführt, die auf einer Normalstrecke in München-Feldmoching geeicht wurden. Die Länge der Normalstrecke wurde mit dem Besselschen Basisapparat festgelegt. Die Länge dieser Normalstrecke betrug 1240 m. Leider sind zwei Festlegungen dieser Normalstrecke inzwischen verbaut worden. Das noch zugängliche Reststück wurde 1959 mit unseren auf der Ebersberger Normalstrecke geeichten Invardrähten nachgemessen. Diese Nachmessung hat auf einer Länge von 624 m eine Übereinstimmung auf 1/10 mm gezeigt und damit die Gleichheit des Ausgangsmaßstabs bestätigt. Die Einzelergebnisse sind der nachstehenden Tabelle 23 zu entnehmen:

Tabelle 23

Strecke	1920 m	1959 m	mm
Endpunkt Süd-Zwischenpunkt I (0-312 m)	312,1263 $\pm 0,0006$	312,1254 $\pm 0,0005$	+ 0,9 $\pm 0,7$
Zwischenpunkt I-Zwischenpunkt II (312-624 m)	311,7674 $\pm 0,0005$	311,7684 $\pm 0,0005$	- 1,0 $\pm 0,7$
Endpunkt Süd-Zwischenpunkt II (0-624 m)	623,8937 $\pm 0,0007$	623,8938 $\pm 0,0007$	- 0,1 $\pm 1,0$

2. Zur Untersuchung und Verbesserung der Claußschen Winkelmessungen hat Herr ORR Dr. Weigand vom Bayer. Landesvermessungsamt das alte Claußsche Basisvergrößerungsnetz neu bebaut, vollständig neu ausgemessen und mit der Claußschen Basis neu berechnet.¹ Weigand hat dabei für die Vergrößerungs-

¹ Leider ist auch ein Endpunkt der Basis, die die Länge 6293,500 m hatte, zerstört. Es konnte daher nur ein Teilstück der Basis von 5022,380 m in die Beobachtungen und Berechnungen einbezogen werden.

seite München – Schweitenkirchen den Wert $40974,685 \text{ m} \pm 2,5 \text{ cm}$ erhalten. Damit wird der alte Claußsche Wert auf 8 cm bestätigt.

3. Zur Untersuchung der Genauigkeit des Ebersberger Basisnetzes hat Weigand auch dieses Netz durch zusätzliche Winkelmessungen verbessert und durch Einbeziehung der Punkte Oberföhring, Mittbach und Deutenhausen ausgeweitet und versteift. Damit wurde das Basisvergrößerungsnetz offenbar wesentlich stabiler. Überdies hat aber Weigand das Dreieck München – Ebersberg Basis Süd – und Ebersberg Basis Nord sowie die Visur Basis Nord – Schweitenkirchen weggelassen, nachdem er bei den Visuren zwischen den Basisendpunkten und München und bei der Visur Basis Nord – Schweitenkirchen erhebliche Unsicherheiten festgestellt hat.

Die Ausgleichung dieses Netzes, wobei alle Richtungen als gleichgewichtig betrachtet wurden, ergab für die Seite München – Schweitenkirchen $S = 40974,713 \text{ m} \pm 7 \text{ cm}$. Damit stimmen nun die neue Basis in Ebersberg und die alte Claußsche Basis unter sich hervorragend überein.

4. Die Weigandschen Messungen im Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg haben den Nachteil, daß sie keine einheitlichen Beobachtungsgewichte haben. Es wurden Richtungsmessungen mit den Schreiberschen Winkelmessungen zusammengenommen. Die zusätzlichen Messungen haben aber die Schreiberschen Gewichtsunterschiede etwas ausgeglichen. Die Hereinnahme von Oberföhring und Mittbach ist nicht berechtigt und stört den Zusammenhang der beiden Basisnetze. Zudem liegt Oberföhring direkt auf der Seite München – Aufkirchen, und die Richtung Mittbach – Anzing wurde nicht beobachtet, sondern nur eingerechnet, und ergab einen unzulässig großen Dreieckswiderspruch. Auch das Wegstreichen unsicherer Richtungen ist bedenklich.

5. Um nun zu einem besseren Wert für die Basis München – Schweitenkirchen zu kommen, habe ich zunächst mit Hilfe von 12 verschiedenen Netzfigurationen und den Weigandschen Winkeln die Ebersberger und die Claußsche Basis verglichen lassen. Die Übertragung der Ebersberger Basis auf die Clauß-

sche Basis ergibt bei allen Netzfigurationen einen zu kleinen Wert für die Claußsche Basis. Die Differenzen liegen zwischen 58 und wenigen Millimetern, je nachdem ob mit einfachen Dreiecksketten oder mit Hilfe des gesamten Vergrößerungsnetzes übertragen wird. Dabei ergibt unglücklicherweise die Kombination der beiden Basisvergrößerungsnetze (Fig. 3) das ungünstigste Ergebnis. Die festgestellten Differenzen rühren offenbar von unerwarteten Unsicherheiten in der Winkelmessung her. Trotzdem wurden die beiden Grundlinien als gleichwertig und fehlerfrei und das neu beobachtete Claußsche und das Ebersberger Basisvergrößerungsnetz als Einheit betrachtet und zunächst ohne Berücksichtigung der Punkte Oberföhring und Mittbach neu ausgeglichen, wobei alle Richtungen als gleichgewichtig angesehen wurden. Diese Ausglei chung umfaßte 13 Dreiecksgleichungen, 6 Seitengleichungen und eine Basisidentitätsbedingung und ergab für die Seite München – Schweitenkirchen den Wert von

$$40974,554 \text{ m}^1 \pm 14,5 \text{ cm.}$$

6. Für einen weiteren Vergleich wurden bei der Zusammenfassung der Basisnetze auch noch die Punkte Oberföhring und Mittbach, sowie alle zusätzlich beobachteten Diagonalen (22 Dreiecksgleichungen, 13 Seitengleichungen und eine Basisidentitätsbedingung) berücksichtigt. Bei der Ausglei chung wurden wieder gleichgewichtige Richtungen angenommen und für die Seite München – Schweitenkirchen der Wert $40974,648 \text{ m} \pm 15 \text{ cm}$ erhalten.²

Die Schlußzusammenstellung in Tabelle 24 zeigt, daß der durch die beiden Grundlinien vorgegebene Maßstab durch die trigonometrische Übertragung der Basen auf die Vergrößerungsseite München – Schweitenkirchen erheblich verfälscht wird. Eine

¹ Bei der Ausglei chung der beiden Netze ohne Berücksichtigung der Basisbedingung ergab sich für die Seite München – Schweitenkirchen aus der Ebersberger Basis der Wert $40974,330 \text{ m}$ und aus der Dachauer Basis der Wert $40974,804 \text{ m}$.

² Diese Ausglei chung entspricht im wesentlichen der Weigandschen Ausglei chung, enthält aber alle Diagonalen und die Basisidentitätsbedingung.

genaue Untersuchung hierzu hat Herr A. Weigand durchgeführt („Untersuchung verschiedener Basisvergrößerungsnetze zur Bestimmung der Hauptdreiecksseite München–Schweitenkirchen“), die in Kürze erscheint. Um die Maßstabsfrage endgültig zu klären, sind weitere elektronische Messungen mit dem Electrotape und Distomat vorgesehen.

Weiter ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

1. Die Invardrahtmessungen geben offenbar immer noch die genauesten Längen für unsere Grundlinien.
2. Basen bis zu 10–15 km können mit ausreichender Genauigkeit auch durch Geodimetermessungen bestimmt werden, wenn diese systematisch über einen längeren Zeitraum verteilt und genügend oft wiederholt werden.
3. Über 30 km ist die Messung mit Geodimeter bei entsprechender Unterteilung in Teilstrecken, ja auch die direkte Messung mit Tellurometer und anderen elektronischen Entfernungsmessern den trigonometrischen Übertragungen vorzuziehen.
4. Durch Einschaltung von Geodimeter- oder Tellurometerlinien oder -ketten erhalten wir ein vollständig neues Beobachtungselement, das über große Entfernungen hin den Maßstab sichert und unsere Dreiecksnetze wesentlich verbessert.
5. Die Basisvergrößerungsnetze sind lange nicht so genau, wie bisher angenommen wurde, insbesondere täuscht die Schreiberische Anordnung und Gewichtsfestsetzung eine viel zu große Genauigkeit vor.
6. Schließlich folgt noch das wichtige Ergebnis, daß für die Tellurometer und Geodimeter im allgemeinen Frequenzzeichnungen genügen. Bei Feldeichungen sollten schon wegen des Aufwands nur 2 oder 3 gut bestimmte, genügend lange Testseiten benutzt werden, die von einer Station aus gemessen werden können. Die Eichung auf einer kurzen Linie, z. B. auf einer Basis selbst, kann, wie unser Beispiel zeigt, versagen. Auch Basisvergrößerungsnetze sind wegen ihrer Instabilität für die Eichung der lichtelektrischen und elektronischen Entfernungsmesser nur bedingt brauchbar.

Tabelle 24

München, Hauptdreiecksseite:

Nördl. Frauenturm, a. Helmstange – Schweitenkirchen, FIO

	Sphäroidische Seitenlänge m int.	Mittel
Basisvergrößerungsnetz 1958 München – Ebersberg	<u>40974,215</u>	
Bayerisches Hauptdreiecksnetz (Neuausgleichung 1942)	40974,554	
Basisvergrößerungsnetz 1920 (Clauß) = RETrig 1957, ZEN	40974,767	
Basisvergrößerungsnetz 1920 Clauß mit Winkelmessung 1959	<u>40974,685</u>	} <u>40 974,699</u>
Basisvergrößerungsnetz 1959 München – Ebersberg einschließlich Mittbach und Deutenhausen (Ausgl. Weigand)	<u>40974,713</u>	
Ausgleichung Geod. Institut T.H. München (Abb. 10)	40974,554	
Ausgleichung Geod. Institut T.H. München (Abb. 11)	40974,648	
Tellurometer-Beobachtungen:		
I. Abteilung DGFI	40974,775	} <u>40 974,727</u>
II. Abteilung DGFI	40974,680	
Tellurometer-Netzausgleichung:		
I. Abteilung DGFI (gleichgewichtige Ausgleichung)	40974,812	} <u>40 974,742</u>
II. Abteilung DGFI (gleichgewichtige Ausgleichung)	40974,673	

Literaturhinweise

- M. Kneißl: Normalstrecke, Basis und Basisvergrößerungsnetz München – Ebersberg. Anlage und Vermessungsergebnisse 1958. Abhandlg. Bayer. Akad. d. Wiss. math.-nat. Kl. N. F. Heft 97. München 1959.
- Zus. mit G. Eichhorn: Ergebnisse der Interferenzmessung 1958 mit dem Väisälä-Komparator auf der Münchner Normalstrecke. Abhandlg. Bayer. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. N. F. Heft 98. München 1959.
- Zus. mit R. Sigl: Basis Ebersberger Forst, Invardrahtmessungen der I. Abt. des DGFI 1958. Abhandlg. Bayer. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. N. F. Heft 99. München 1959.
- Zus. mit R. Sigl: Tellurometermessungen 1958 der I. Abt. des DGFI im Basisvergrößerungsnetz München. Abhandlg. Bayer. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. N. F. Heft 100, München 1959.