

Zeitschrift:	Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber:	Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band:	13 (1915)
Heft:	11
 Artikel:	Zentrierungs-Messungen bei trigonometrischen Hochpunkten in Stadtgebieten
Autor:	Helmerking, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-183623

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zentrierungs-Messungen bei trigonometrischen Hochpunkten in Stadtgebieten.

Bei der Netzanlage in dicht bebauten und wegen der topographischen Gestaltung unübersichtlichen Stadtgebieten wird es in vielen Fällen notwendig werden, mitten im Stadtgebiet wenigstens *einen* hochgelegenen Standpunkt auf soliden Hochbauten als Zentralpunkt zu wählen, der von aussen her gut sichtbar ist und von dem aus wiederum eine möglichst grosse Zahl der übrigen Netzpunkte sichtbar gemacht werden kann. Nur dadurch ist meistens dem über das Stadtgebiet verstreuten, für die Zwecke der Detailvermessung bald als Hoch-, bald als Bodenpunkte auszuwählenden Netze ein straffer innerer Zusammenhalt zu schaffen, der die Gewähr bietet, dass die in diesen Gebieten zufordernden verschärften Toleranzgrenzen überall sicher eingehalten werden können.

Nun pflegt es ja im Stadtinnern selten an hochragenden Bauwerken zu fehlen, die von aussen her überall gut sichtbar sind. Wesentlich seltener schon finden sich solche Bauwerke, die auch als Standpunkte für Winkelmessungen ohne weiteres brauchbar sind. Ganz besonders selten wird es sich treffen, dass solche Bauwerke auch die zentrische Aufstellung des Winkel-Instruments zulassen. In den meisten Fällen wird exzentrische Winkelmessung notwendig, nicht selten auch die vorherige Durchführung von baulichen Änderungen am Bauwerk oder die Herrichtung besonderer Beobachtungsstände.

Aus diesen Gründen wird man die Auswahl von Hochpunkten im Stadtgebiet als *Standpunkte* für Winkelmessungen naturgemäß nach Möglichkeit beschränken. Bei unübersichtlichen Stadtgebieten wird aber für die *gute* Gestaltung des Netzplanes meistens *ein* solcher Punkt nicht entbehrt werden können. Er stellt an die Findigkeit und Geschicklichkeit des Trigonometers dann auch regelmässig hohe Anforderungen.

Die Festlegung von Turmspitzen und andern ausgezeichneten Hochpunkten als Netzpunkte lediglich durch Aussenstrahlen ist deshalb durchaus nicht abzuweisen, da sie mit geringer Mühe im Stadtinnern meistens ein sicheres „Herunterlegen“ gestatten und für die Versteifung und Verbesserung des Polygonnetzes im wertvollsten Teile des Stadtgebietes von aller-

grösster Bedeutung sind. Die ausschliessliche Festlegung solcher Hochpunkte im Stadtinnern durch Aussenstrahlen von ausserhalb her, vielleicht noch weiter ausgebaut durch Bodenpunkte auf Plätzen, die wieder lediglich durch Innenstrahlen nach solchen Hochpunkten festgelegt sind, führt erfahrungsgemäss zu schlechten Resultaten, die bei den Polygonanschlüssen später fühlbar werden.

Die Beschaffung ausreichend scharfer Zentrierungselemente bei exzentrischen Winkelmessungen auf Hochpunkten ist in den meisten Fällen der schwierigste und zeitraubendste Teil der ganzen Punktbestimmung. Es ist darüber in der Fachliteratur viel geschrieben worden. (Vgl. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, 1897, Bd. II, S. 281 ff.)

Alle für die Beschaffung der Zentrierungselemente notwendigen Winkelmessungen werden zudem noch dadurch erschwert, dass es sich meist um sehr steile Visuren nach der hohen Turmspitze des Stationszentrums handelt, bei der die peinliche Kontrollierung der Lotrechtstellung der Alhidadenaxe in beiden Fernrohrlagen des Instruments erforderlich ist, um die bei steilen Visuren sehr bedeutenden Projektionsfehler der Ziellinie auf die Limbusebene in zulässigen Grenzen zu halten.

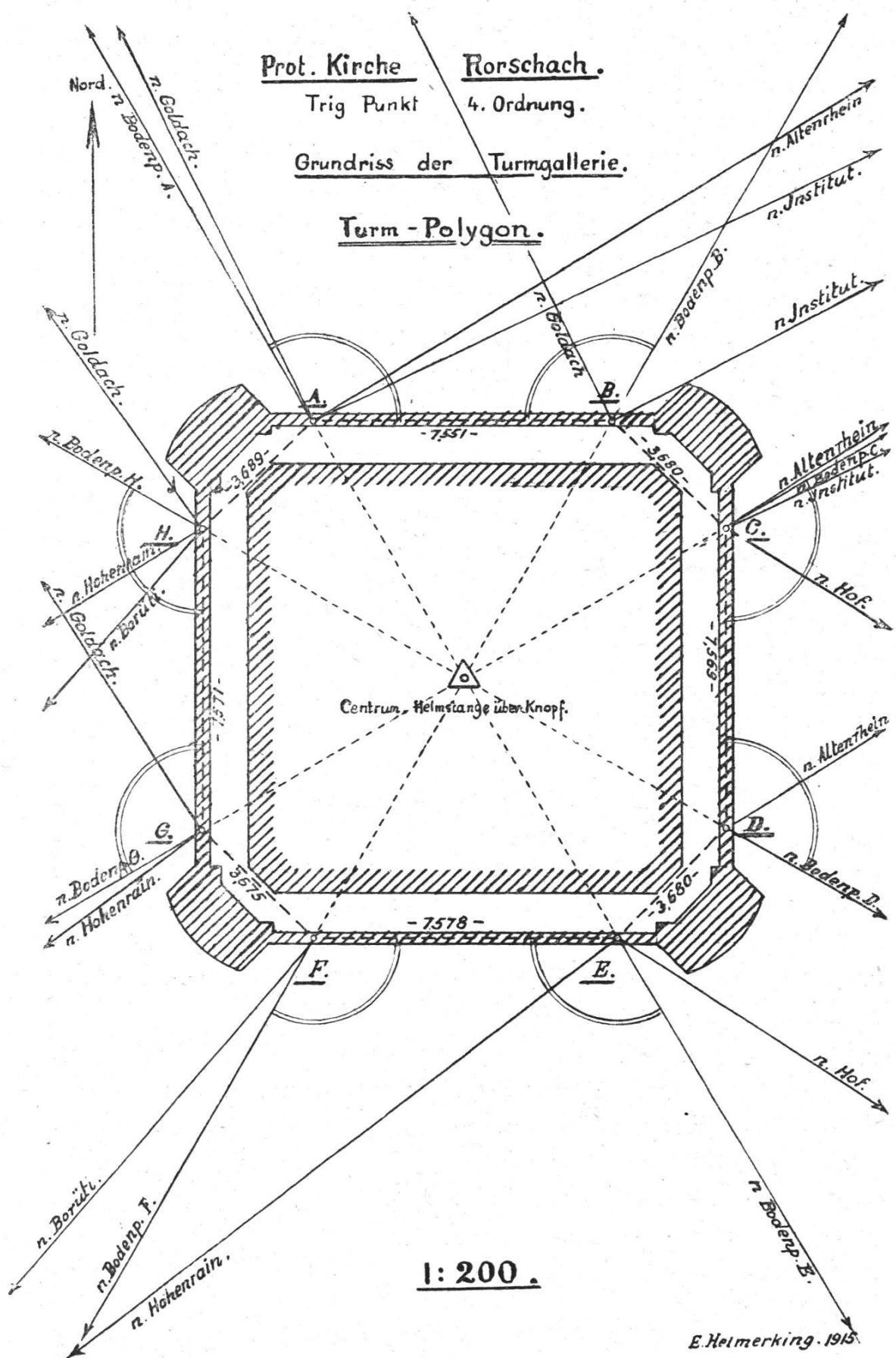
In unserm Falle konnten von den ausgesuchten exzentrischen Standpunkten die Zentrierungselemente ebenfalls nicht direkt gemessen werden. Weder war von ihnen die als Stationszentrum dienende Kirchturmspitze anzuzielen, noch konnte durch optisches Herabloten dieser Spitze in das Turminnere in Höhe der Standpunkte eine direkte Messung der Exzentrizitäten erfolgen, so dass zur indirekten Bestimmung geschritten werden musste. Der geräumige, freie Platz rings um die Kirche ergab die Möglichkeit, in ausreichend weitem Abstande von der Kirchturmspitze zu den 8 Turmpolygonpunkten 8 Bodenpunkte zu bestimmen, die zugeordnet mit jenen und der Spitze in einer Vertikalebene liegen. Es wurden diese Punkte mit Hilfe des Theodolitfernrohres über ausreichend genau provisorisch orientierte starke Pfähle bestimmt. Durch seitliches Verschieben des Instruments wurde die Turmspitze mit dem zugeordneten Turmpolygonpunkt in eine Vertikalebene gebracht und der so durch die Instrumentenaxe bezeichnete Punkt durch Herabloten auf den Pfahl und Einschlagen eines Nagels versichert. Diese Ope-

ration ist, so einfach sie scheint, aber sehr mühsam und zeitraubend, da bei den vorliegenden steilen Visuren immer in beiden Fernrohrlagen und mit peinlich genauer Lotrechtlage der Vertikalaxe gearbeitet werden muss.

Es stellte sich nach Festlegung von einigen Punkten heraus, dass es besser gewesen wäre, die Turmstandpunkte endgültig erst von den Bodenpunkten aus zu bestimmen durch Herabloten der Turmspitze in beiden Fernrohrlagen. Das hier angewandte Verfahren der rückwärtigen Verlängerung einer Linie über zwei feste Punkte ist unter den geschilderten Bedingungen schwierig und verbürgt trotz grösster Sorgfalt keine höhere Genauigkeit als ± 1 cm von der Solllage. Diese Genauigkeit wurde aber erreicht. Eine einfache Ueberschlagsrechnung ergab, dass ein solcher Fehler von 1 cm in der Vertikalprojektion der Bodenpunkte einen solchen von 2 mm der eigentlichen Galeriestandpunkte verursachen konnte, was auf die Zentrierungsverbesserung der Hauptrichtungen wiederum im Höchstfalle einen Fehler von 0,7" n. T. hervorrufen würde. Es wurde deshalb von einer Aenderung des Verfahrens abgesehen, für den Praktiker aber die Nutzanwendung gezogen, in ähnlichen Fällen die endgültige Lage der Turmstandpunkte erst von den Bodenstandpunkten aus festzulegen.

Mit den auf diese Weise erhaltenen Bodenpunkten konnten nun von den Turmpolygonpunkten aus sowohl die Richtungswinkel zwischen dem Stationszentrum und den Netzrichtungen, wie auch die Basiswinkel der zur Exzentrizitätsbestimmung notwendigen Turmdreiecke in bequemer und sicherer Weise ermittelt werden. (Die Richtung Turmpolygonpunkt bis Bodenpunkt als Rückwärtsrichtung der Visur nach dem Stations-Zentrum genommen.) Aus der nachstehenden Skizze 1 : 200 des Turmpolygons sind die zur Ermittlung der Zentrierungselemente notwendigen Winkel- und Längenmessungen und einfachen Berechnungen unschwer zu ersehen. Es ist auch zu entnehmen, wie für die Berechnung der Punktabstände vom Stationszentrum sich eine doppelte Berechnung ergab, die als wertvolle Kontrolle gegen Messungs- und Rechenfehler von nicht zu unterschätzendem Werte ist.

Es seien nachstehend in übersichtlicher Form die Ergebnisse der bezüglichen Rechenoperationen angeführt.



\triangle Rorschach. Protestantischer Kirchturm.
Zentrum: Helmstange über Knopf.

Zentrierungs-Rechnungen.

1. Messung des Turmpolygons ABCDEFGH.

	<i>Gemittelte Polygonwinkel.</i>	<i>Ausgeglichen.</i>
A	149° 96' 75"	+45"
B	149° 86' 90"	+50"
C	150° 04' 85"	+45"
D	150° 20' 65"	+45"
E	149° 78' 20"	+50"
F	150° 16' 80"	+60"
G	149° 64' 60"	+50"
H	150° 27' 30"	+50"
Sa	1199° 96' 05"	+395"
Soll	1200°	00' 00"

Verb. +3' 95"

2. Provisorische Koordinaten des Zentrums:

$$y = +154\ 728,03 \quad x = +60\ 207,97$$

3. *Gemessene Polygonseiten.*

A-B = 7,551 m	E-F = 7,578 m
B-C = 3,680 m	F-G = 3,675 m
C-D = 7,569 m	G-H = 7,571 m
D-E = 3,680 m	H-A = 3,689 m

4. Berechnung der unzugänglichen Entfernungen vom Turmpolygon zum Zentrum.

$\triangle A\text{-}B\text{-Zentrum}.$

				<i>s.</i>
65° 99' 70"	A-Zentrum	$\sin 65^\circ 96' 95''$	$\sin 9.93475$	
65° 96' 95"	= 7,551	$\sin 68^\circ 03' 35''$	$\frac{s.}{s.} 0.87800$	0.86997 7,413 m
68° 03' 35"	B-Zentrum	$\sin 65^\circ 99' 70''$	$\frac{epl. \sin 0.05722}{\sin 68^\circ 03' 35''}$	
200° 00' 00"	= 7,551	$\sin 68^\circ 03' 35''$	$\sin 9.93486$	0.87008 7,414 m

$\triangle B\text{-}C\text{-Zentrum}.$

83° 91' 45"	B-Zentrum	$\sin 84^\circ 16' 38''$	$\sin 9.98642$	
84° 16' 38"	= 3,680	$\sin 31^\circ 92' 17''$	$\frac{s.}{s.} 0.56585$	0.87042 7,420 m
31° 92' 17"	C-Zentrum	$\sin 83^\circ 91' 45''$	$\frac{epl. \sin 0.31815}{\sin 31^\circ 92' 17''}$	
200° 00' 00"	= 3,680	$\sin 31^\circ 92' 17''$	$\sin 9.98599$	0.86999 7,413 m

$\triangle C\text{-}D\text{-Zentrum}.$

65° 88' 92"	C-Zentrum	$\sin 65' 81' 08''$	$\sin 9.93410$	
65° 81' 08"	= 7,569	$\sin 68^\circ 30' 00''$	$\frac{s.}{s.} 0.87904$	0.86937 7,402 m
68° 30' 00"	D-Zentrum	$\sin 65^\circ 88^\circ 92''$	$\frac{epl. \sin 0.05623}{\sin 68^\circ 30' 00''}$	
200° 00' 00"	= 7,569	$\sin 68^\circ 30' 00''$	$\sin 9.93443$	0.86970 7,408 m

$\triangle D$ -Zentrum.

$84^\circ 40' 02''$	D-Zentrum	$\sin 83^\circ 74' 75''$	$\sin 9.98570$	0.87056	7,423 m
$83^\circ 74' 75''$	= 3,680	$\sin 31^\circ 85' 23''$	s. 0.56585		
$31^\circ 85' 23''$	E-Zentrum	$\sin 84^\circ 40' 02''$	epl. sin 0.31901		
<u>$200^\circ 00' 00''$</u>	<u>= 3,680</u>	<u>$\sin 31^\circ 85' 23''$</u>	<u>$\sin 9.98683$</u>	<u>0.87169</u>	<u>7,442 m</u>

$\triangle E$ -Zentrum.

$66^\circ 03' 95''$	E-Zentrum	$\sin 65^\circ 89' 88''$	$\sin 9.93447$	0.87113	7,432 m
$65^\circ 89' 88''$	= 7,578	$\sin 68^\circ 06' 17''$	s. 0.87955		
$68^\circ 06' 17''$	F-Zentrum	$\sin 66^\circ 03' 95''$	epl. sin 0.05711		
<u>$200^\circ 00' 00''$</u>	<u>= 7,578</u>	<u>$\sin 68^\circ 06' 17''$</u>	<u>$\sin 9.93503$</u>	<u>0.87169</u>	<u>7,442 m</u>

$\triangle F$ -Zentrum.

$84^\circ 27' 52''$	F-Zentrum	$\sin 84^\circ 04' 25''$	$\sin 9.98621$	0.87261	7,458 m
$84^\circ 04' 25''$	= 3,675	$\sin 31^\circ 68' 23''$	s. 0.56526		
$31^\circ 68' 23''$	G-Zentrum	$\sin 84^\circ 27' 52''$	epl. sin 0.32114		
<u>$200^\circ 00' 00''$</u>	<u>= 3,675</u>	<u>$\sin 31^\circ 68' 23''$</u>	<u>$\sin 9.98662$</u>	<u>0.87302</u>	<u>7,465 m</u>

$\triangle G$ -Zentrum.

$65^\circ 60' 85''$	G-Zentrum	$\sin 66^\circ 31' 48''$	$\sin 9.93614$	0.87235	7,453 m
$66^\circ 31' 48''$	= 7,571	$\sin 68^\circ 07' 67''$	s. 0.87915		
$68^\circ 07' 67''$	H-Zentrum	$\sin 65^\circ 60' 85''$	epl. sin 0.05706		
<u>$200^\circ 00' 00''$</u>	<u>= 7,571</u>	<u>$\sin 68^\circ 07' 67''$</u>	<u>$\sin 9.93328$</u>	<u>0.86949</u>	<u>7,404 m</u>

$\triangle H$ -Zentrum.

$83^\circ 96' 32''$	H-Zentrum	$\sin 83^\circ 97' 50''$	$\sin 9.98609$	0.86941	7,403 m
$83^\circ 97' 50''$	= 3,689	$\sin 32^\circ 06' 18''$	s. 0.56691		
$32^\circ 06' 18''$	A-Zentrum	$\sin 83^\circ 96' 32''$	epl. sin 0.31641		
<u>$200^\circ 00' 00''$</u>	<u>= 3,689</u>	<u>$\sin 32^\circ 06' 18''$</u>	<u>$\sin 9.98607$</u>	<u>0.86939</u>	<u>7,403 m</u>

Da aus den gleichseitigen Turmdreiecken mit den grossen gemessenen Grundseiten schärfere Werte zu erwarten sein müssen, als aus den spitzwinkligen Dreiecken, wurden jene für die weitere Rechnung als massgebend beibehalten.

5. *Definitive Werte der Entfernungen der Turmpolygonpunkte vom Zentrum:*

- A-Zentrum = 7,413 m log. 0.86997.
- B-Zentrum = 7,414 m log. 0.87008.
- C-Zentrum = 7,402 m log. 0.86937.
- D-Zentrum = 7,408 m log. 0.86970.
- E-Zentrum = 7,432 m log. 0.87113.
- F-Zentrum = 7,442 m log. 0.87169.
- G-Zentrum = 7,453 m log. 0.87235.
- H-Zentrum = 7,404 m log. 0.86949.

Zentrierungs-Rechnungen der exzentrisch auf den Turmpolygonpunkten gemessenen Netzwinkel auf das Stationszentrum.

Wegen der grossen Exzentrizität von 7,3 Meter und den teil-

weise kurzen Entfernungen der Signalkontakte wurde die Zentrierungsrechnung nach der scharfen Formel $\sin \varepsilon = \frac{\log. \sin i}{D}$ i. d.

durchgeführt, da die Näherungsformel des trigonometrischen Formulars 5 A nur für Exzentrizitäten unter $1/100$ der Distanz D die Sekundenwerte der Zentrierungskorrektion noch scharf liefert.

Standpunkt: A.

α = gemessene Richtungen aus 12facher Repetition.

	α	Auf Zentrum als Nullrichtung reduzierte Richtungen i.
Goldach	0° 00' 00"	201° 98' 20"
Institut A	119° 47' 64"	321° 45' 84"
Altenrhein	105° 51' 72"	307° 49' 92"
Goldacherreben	371° 31' 82"	173° 30' 02"
Zentrum	198° 01' 80"	0° 00' 00"
<i>Zentrum</i>	<i>Goldach</i>	<i>Altenrhein</i>
<i>Institut A</i>		<i>Goldacher-</i>
<i>reben</i>		
d = 7.413.		
log d = 0.86997	log D = 3.28728	log D = 3.75675
i = 0° 00' 00"	i = 201° 98' 20"	i = 307° 49' 92"
sin i	8.49315 n	9.99698 n
log d	0.86997	0.86997
cpl. log D	6.71272	6.24325
log sin ε	= 6.08084 n	= 7.11020 n
ε	= -77"	= -8' 20"
zentrierte Rich-tungen α	399° 99' 23"	105° 43' 52"
auf Goldach als Nullrichtung zentrierte Richtungen	0° 00' 00"	105° 44' 29"
		119° 23' 07"
		371° 46' 41"
		119° 23' 84"
		371° 47' 18"

In ähnlicher Weise waren auf weiteren 6 Turmstandpunkten im ganzen 37 Richtungen auf das Zentrum der Station umzurechnen.

Aus dem sich hieraus ergebenden Horizontabschluss der fünf Hauptwinkel in mehrfacher Kombination ergab sich ein mittlerer Winkelfehler von $\pm 8,5''$ n. Tlg. In Anbetracht des Umstandes, dass diese Sektorenwinkel mit grösster Sorgfalt 12-fach repetiert worden waren und der mittlere Fehler des direkt gemessenen Sektorenwinkels auf fester, steinerner Galeriebrüstung füglich nicht viel über $5''$ n. Tlg. betragen konnte, lag die Vermutung nahe, dass der tatsächliche höhere Fehler dieser Winkel im Horizontalabschluss auf Unsicherheiten in der Ueber-

tragung auf das Stationszentrum beruhe. Diese Vermutung wird weiter begründet durch den zu $\pm 7,4''$ n. Tlg. ermittelten mittleren Fehler der auf die einzelnen Hauptwinkel abgeschlossenen Nebenwinkel, welche nur 8mal repetiert worden waren.

Wir kommen auf die Uebertragungsfehler der Hauptwinkel nochmals zurück. Sie beruhen auf der Schwierigkeit einer genauen Ermittlung des Anschlussazimuts der exzentrischen Standpunkte mit dem hochgelegenen und nicht direkt anzielbaren Stationszentrum, sowie auf Einstellfehlern beim Anzielen der hochgelegenen Helmstange der Turmspitze in grosser Nähe. Die Stationsausgleichung ergab immerhin die Gewissheit der ausreichend genauen Zentrierung der Winkel auf das Stationszentrum und die spätere Prüfung der Dreiecksschlüsse bestätigte dieselbe. Netzdreiecke mit einem der hier behandelten Stationswinkel wiesen keine grösseren Widersprüche auf, als Dreiecke ohne solche Winkel. Der mittlere Winkelfehler aus 40 Dreieckswidersprüchen berechnete sich später zu $\pm 7,1''$ n. T., womit eine weitere Bestätigung gefunden wurde, dass die Turmzentrierungen nicht mit unverhältnismässigen Fehlern belastet waren.

Die aus der Stationsausgleichung hervorgegangenen endgültigen Richtungswinkel dienten weiter zur Berechnung der Koordinaten des Punktes *Protestantische Kirche* durch Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen im trigonometrischen Formular No. 9.

Da die für die exzentrische Winkelmessung benutzten Standpunkte auf der steinernen Galeriebrüstung für etwaige spätere Einschaltung von weiteren Netzpunkten im Stadtgebiet vorzüglich geeignet bleiben, waren sie vorgängig der Winkelmessung durch Bronzebolzen mit Loch dauerhaft versichert worden und es erübrigte als Schlussarbeit noch die Berechnung ihrer Koordinaten im Anschluss an die aus der Ausgleichung erhaltenen Koordinaten des Stationszentrums.

Diese Berechnung erfolgte nach Art der sogenannten Herunterlegung von Hochpunkten, indem berücksichtigt wurde, dass der dabei notwendige parallaktische Winkel α bereits als Zentrierungsverbesserung mit völlig genügender Schärfe ermittelt worden ist und somit hierbei verwendet werden konnte, ebenso wie die dort benutzte Exzentrizität d.

Koordinaten-Berechnung der Turmpolygonpunkte.

Turmpunkt A.

Prot. Kirche Zentrum: $y = +154728,08$ $x = +60207,85$.

Azimut: Prot. Kirche- \triangle Goldach = $359^\circ 06' 41''$.

log Distanz D: " " " = 3.287303.

log Distanz d: (Exzentrizität) = 0.869970.

Gemessen Winkel Goldach-A-Zentrum = $198^\circ 01' 80''$.

Parallaktischer Winkel A-Goldach-Zentrum $\sin \alpha = \sin A \cdot \frac{d}{D}$.

α ist aus den Zentrierungsrechnungen zu entnehmen.

α = $-0^\circ 00' 76''$ Azimut Zentrum Goldach = $359^\circ 06' 41''$

A = $198^\circ 01' 80''$ —Winkel bei Zentrum = $-1^\circ 97' 44''$

Winkel b. Zentrum = $1^\circ 97' 44''$ Azimut Zentrum-A = $357^\circ 08' 97''$

Koordinaten-Berechnung.

Azimut	log d.	$\triangle y$	$\triangle x$	y	x
$357^\circ 08' 97''$	0.869970	0.665251	0.762795	+ 154728,080	+ 60207,850
sin Azimut	9.795281				
cos	9.892825	-4,627	+ 5,792	-4,627	+ 5,792
Koordinaten A = + 154723,453					+ 60213,642

In ähnlicher Weise wurden die Koordinaten aller Turmpolygonpunkte durch sogenanntes Herunterlegen berechnet und als Schlussprüfung sodann aus diesen rückwärts nochmals die gegenseitigen Entfernungen ermittelt, welche mit den gemessenen und in die Zentrierungsberechnungen eingeführten bis auf die durch die Rechenungsnauigkeiten veranlassten Abweichungen übereinstimmen mussten. Sie erreichten nur Beträge von einigen Millimetern.

Rorschach, Oktober 1915.

E. Helmerking,
Grundbuch-Geometer.

De l'exactitude du levé dans ses rapports avec la valeur du terrain.

On admet généralement que l'exactitude du levé cadastral doit être en corrélation étroite avec la valeur du terrain. Ce point de vue dont la justification technique ne peut être apportée d'une façon indiscutable, ne peut se comprendre qu'en supposant l'influence de l'élément profane dans la question des approximations.