Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 67 (1969)

Heft: 1

Artikel: Erfahrungen bei der Anwendung elektronischer Distanzmessung für die Durchführung der Triangulation IV. Ordnung am Beispiel des Operates Limmattal

Autor: Matthias, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-222978

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: 14.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik

Revue technique Suisse des Mensurations, de Photogrammétrie et du Génie rural

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik; Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie; Fachgruppe der Kulturingenieure des SIA

Editeurs: Société suisse des Mensurations et Améliorations foncières; Société suisse de Photogrammétrie; Groupe professionnel des Ingénieurs du Génie rural de la SIA

Nr. 1 · LXVII. Jahrgang **Erscheint monatlich** **15. Januar 1969**

DK 528.021.7:528.335 (494.22)

Erfahrungen bei der Anwendung elektronischer Distanzmessung für die Durchführung der Triangulation IV. Ordnung am Beispiel des Operates Limmattal

H. Matthias

Zusammenfassung

Beim neubearbeiteten Operat Limmattal der Triangulation IV. Ordnung wurde erstmals in unserem offiziellen Vermessungswerk elektronische Distanzmessung angewendet. Das ganze Operat ist als Netz von Präzisionspolygonzügen mit elektronischer Distanzmessung aufgebaut. In diesem Aufsatz soll kurz und übersichtlich über den Lösungsweg und die Erfahrungen sowie über Anregungen zu Verbesserungen bei der Lösung ähnlicher Aufgaben berichtet werden.

1. Rückblick und Ausblick

Im Jahre 1959 führte der Verfasser dieses Berichtes in [1] aus: «Es ist klar, daß die elektronische Distanzmessung bei uns, wo es ja fast an jedem Ort möglich ist, mit einigen Satzmessungen oder wenigen Polygonseiten Landeskoordinaten beliebiger Punkte rasch und genau zu ermitteln, nicht dieselbe Bedeutung hat, wie etwa in einem Land, wo nur weitmaschige Vermessungsgrundlagen existieren. Dennoch gibt es in der Schweiz immer wieder Vermessungsaufgaben, bei denen die elektronische Distanzmessung Vorteile und neue Möglichkeiten bringen kann.» Diese Aussage wurde damals in Fachkreisen mit Skepsis aufgenommen. Heute scheint jedoch festzustehen, daß es in Zukunft auch in unserem Lande die Regel sein wird, bei Fixpunktbestimmungen im Sinn der Triangulation I.–IV. Ordnung von den Möglichkeiten der elektronischen Distanzmessung in kleinerem oder größerem Umfang Gebrauch zu machen, und daß die Methode der reinen Triangulation die Ausnahme sein wird und nur dann zur Anwendung kommt, wenn die topographischen Verhältnisse die An-

lage von reinen Richtungsnetzen gestatten, die den fehlertheoretischen Anforderungen genügen.

2. Einleitende Bemerkungen zur Triangulation Limmattal

Im Jahre 1962 wurde der Verfasser mit der Ausführung des Operates Limmattal der Triangulation IV. Ordnung beauftragt. Im aargauischen Teil des Limmattales, zwischen den Gemeinden Dietikon und Untersiggenthal inklusive der beidseitigen stark bewaldeten Höhen, waren die trigonometrischen Punkte alter, vor der Landestriangulation I.–III. Ordnung gemeindeweise durchgeführter Triangulationen IV. Ordnung durch ein Netz neuer Punkte zu ersetzen.

Nach erfolgter Rekognoszierung dieses Netzes als klassische Triangulation schlug der Verfasser den kantonalen und eidgenössischen Vermessungsaufsichtsbehörden vor, auf die Messung des Netzes in dieser Form zu verzichten und statt dessen an diesem Beispiel einen Großversuch mit elektronischer Distanzmessung durchzuführen. In dem daraufhin zustande gekommenen Vermessungsvertrag vom 22. 11. 1963 wurde in Ziffer 1 ausgeführt:

- «Die Bestimmung der Punkte im gesamten Gebiet des Operates Limmattal der Triangulation IV. Ordnung soll mittels eines Polygonnetzes mit elektronisch gemessenen Seiten erfolgen.
- Diese Maßnahme ermöglicht den beteiligten Ämtern, der Hochschule und dem Übernehmer, praktische Erfahrungen in elektronischer Distanzmessung und Grundlagen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Methode zu sammeln.
- Die Durchführung der Arbeit ist ein Versuch, die Aufgabe entspricht aber der praktischen Notwendigkeit einer Fixpunktverdichtung (Triangulation IV. Ordnung) im Limmattal und ist deshalb termingerecht und unter sinngemäßer Anwendung der geltenden Vorschriften für die Triangulation IV. Ordnung auszuführen.»

Es darf zusammenfassend festgestellt werden, daß diese gesteckten Ziele erreicht wurden, daß die erzielten Resultate den Anforderungen an eine Triangulation IV. Ordnung genügen und daß somit neben dem Versuch auch der praktische Zweck erfüllt ist.

3. Kurzbericht über den Gang der Arbeiten

3.1 Netzanlage

Zuerst Rekognoszierung als klassische Triangulation. Hernach Umarbeiten des Netzplanes für die Lage als reines Polygonnetz mit einigen wenigen Ergänzungsrekognoszierungen; Seitenlängen durchschnittlich 1000 m. Neupunkte durchwegs als Polygonpunkte in Zügen mit beidseitigem Richtungs- und Koordinatenabschluß; keine Vektoren. Einzelne

stationierbare Hochpunkte auf Hochhäusern. Kirchen und Fahnenstangen als mehrfache Vorwärtseinschnitte bestimmt und zugehörige Bodenpunkte aus Parallaxwinkelmessungen abgeleitet, oder umgekehrt. Höhen teils nivelliert, teils trigonometrisch bestimmt, sei es im Polygonnetz mit schief gemessenen Distanzen oder sei es bei trigonometrisch bestimmten Punkten mit aus Koordinaten gerechneten Distanzen. Das Netz an alle trigonometrischen Anschlußpunkte IV. Ordnung mit so vielen überschüssigen Beobachtungen angeschlossen, daß deren Lage und Höhe eindeutig überprüft ist oder neu bestimmt werden kann. Relationen zu allen benachbarten Punkten alter Triangulationen bestimmt. Führen eines Rekognoszierungsfeldbuches mit Skizzen, Einmessungen und allen weiteren Angaben über Standort der Punkte sowie mögliche Visuren.

3.2 Punktversicherung

Gemäß Instruktionen für die Triangulation IV. Ordnung. Verwendung der Formulare 0 Steinsatzprotokoll und 2A Versicherungsprotokoll.

3.3 Messungen

Auf der Grundlage des bereinigten Netzplanes mit ausführlichem Beobachtungsprogramm pro Station und Reihenfolge der Stationierungen. Auf allen Anschlußpunkten Steinkopfneigungen gemessen und wo erforderlich Steinkopfexzentrizität in Auswertung berücksichtigt. Distanzmessung, Winkelmessung und Nivellement getrennt in eigenen Arbeitsgängen je in einer Winterperiode, damit Behinderung wegen Stand der Kulturen und wegen Laub möglichst gering. Dafür starke Behinderung durch Schnee, Nebel und Nässe.

Winkelmessung mit DKM 3. Richtungssätze und Höhenwinkel 2mal in beiden Fernrohrlagen; Wiederholung, wenn mittlerer Fehler am Richtungsmittel größer als 3–4^{cc} bzw. mittlerer Fehler am Mittel eines Höhenwinkels größer als 3^{cc}. Arbeit mit 6–8 Zentrierstativen. Zwangszentrierung für die Richtungsübertragung. Kegelzielmarken von 30 cm Höhe für Richtungs- und Höhenwinkelmessung, die aus allen Richtungen angezielt werden kann. Feldbuchführung auf Formular 4C. Gehilfenfeldbuch mit allen Zielhöhen.

Distanzmessung mit Geodimeter NASM 4 mit Benzinmotorgenerator. Wiederholungsmessung, wenn ΔD für dieselbe Distanz aus den 3 verschiedenen Meßfrequenzen gerechnet größer als 5 cm. Bestimmung des Luftdrucks mit Thommen-Taschenbarometer und der Temperatur mit Schleuderthermometer je auf Station und Zielpunkt. In der Regel nur Hin-Messung; für $^1/_7$ aller Distanzen Hin- und Rückmessung. Überwachung der instrumentellen Konstanten durch periodische Vergleichsmessungen auf einer Prüfstrecke im Meßgebiet. Feldbuchführung auf eigenes Formular A4. Gehilfenfeldbuch mit allen Prismenhöhen, Zeit, Barometerablesung und Temperatur.

Nivellement mit automatischem Nivellierinstrument und kontrollierten 1-cm-Holzlatten. Nur Hin-Nivellement mit 3-Faden-Ablesung. Feldbuchführung auf eigenes Formular A4.

Meßequipe durchwegs bestehend aus 1 Ingenieur, 1 Sekretär-Gehilfen und 1 Gehilfen. VW-Bus, bisweilen ergänzt durch Kleinmotorrad. Keine Funkgeräte, hingegen einfache Signalgebung mit Geodimeterlampe oder Schirm.

3.4 Auswertungen

Nachrechnen aller Meßprotokolle mit Mittelbildung und Fehlerrechnung. Kontrolle auf Vollständigkeit anhand von Beobachtungsplan.

Auswertung der Distanz-Kontrollmessungen. Additionskonstante und Meßfrequenzen erweisen sich als konstant; die durchgeführten Kontrollen genügen aber nicht, um auch die Zuverlässigkeit und Stabilität der Verzögerereichung zu überwachen. Die provisorische Durchrechnung der wichtigsten Hauptzüge ergibt gute Übereinstimmung des Instrumentenmaßstabes (Nennwerte der Meßfrequenzen) mit Maßstab des Netzes III. Ordnung. Reduktion aller gemessenen schiefen Raumdistanzen in horizontale Projektionsdistanzen und Berechnung aller Höhenunterschiede mit einem Rechenprogramm. Eingabe: Näherungswerte für Meereshöhe und X-Koordinate von Stations- und Zielpunkt, Höhenwinkel mit Instrumenten- und Zielpunkthöhe, schiefe Distanz mit Instrumenten- und Prismenhöhe; Ausgabe: Projektionsdistanz und Höhendifferenz. Alle Höhenwinkel gegenseitig gemessen und die entsprechenden Höhendifferenzen sinngemäß doppelt gerechnet, auch wenn Distanzen nur in einer Richtung gemessen. Wenn Meereshöhen von Stations- und Zielpunkt schon bekannt sind, wird die Reduktion der Distanz in demselben Programm auf Grund dieser bekannten Höhendifferenz berechnet, ohne Eingabe des Höhenwinkels. Verwendeter Refraktionskoeffizient $k = 0{,}13$. Provisorische Durchrechnung aller Netzteile im Anschlußbereich an andere Triangulationsoperate und Festlegen der Anschlußpunkte, die neu berechnet werden müssen; (von 30 Anschlußpunkten IV. Ordnung deren 15).

Bereinigung des Berechnungsplanes. Eintrag aller bereinigten Beobachtungsresultate (Richtungssätze, Höhenwinkel, Instrumentenhöhen, Zielpunkthöhen, Projektionsdistanzen) in Berechnungsformulare. Sukzessive Durchrechnung des ganzen Polygonnetzes nach Lage mit dem in [2] beschriebenen Verfahren und Rechenprogramm. Einzelpunktberechnungen (mehrfach vorwärtseingeschnittene Hochpunkte) mit Programma 101 gemäß dem in [3] beschriebenen Verfahren sowie abgeleitete Hoch- oder Bodenpunkte von Hand.

Auswertung des Nivellements. Hernach Bestimmung der Höhen aller Punkte in den Polygonzügen aus schiefer Distanz und Höhenwinkel auf möglichst kurzem Weg, ausgehend von nivellierten Punkten, womöglich mit Verknotungen; Gewichte gemäß Instruktion für die Triangulation IV. Ordnung proportional $1/D^2$. Höhen mehrfach vorwärtseingeschnittener Hochpunkte mit trigonometrischer Höhenrechnung.

Auswerteakten: Reduktion der Distanzen und Berechnung der Höhendifferenzen in eigenem Formular aus elektronischer Berechnung; Azimutberechnungen in Formular 7; Abrisse in Formular 6, aber ergänzt mit

allen Distanzen und Verbesserungen an den Distanzen nach der Ausgleichung; Polygonzugberechnung in eigenem Formular aus elektronischer Berechnung, siehe [2]; Einzelpunktberechnungen in Formular 222.4; Höhenberechnung im Polygonzug in eigenem Formular.

3.5 Zusammenstellung der Resultate

Gesamturteil: Durchaus brauchbar bis gut und sicher gleichwertig mit vielen anderen Operaten IV. Ordnung, jedoch nicht vorzüglich und makellos. Gründe: Merkliche Spannungen und Verdrehungen im Netz der Anschlußpunkte in der Größenordnung bis zu ca. 10 cm; unkontrollierte systematische Fehler (instrumenteller Art) in der Distanzmessung, die bei unkorrekter Gewichtswahl starke Spannungen bei der Richtungsübertragung innerhalb der Züge verursachen.

Meßgenauigkeiten:

Mittl. Fehler am Richtungsmittel:	Min. $\pm 0{,}2^{cc}$	Max. $\pm 6^{cc}$	geom. Mittel $\pm 2{,}5^{cc}$
Mittl. Fehler am Mittel eines Höhenwinkels:	Min. $\pm 0{,}2^{cc}$	Max. $\pm 5^{cc}$	geom. Mittel $\pm 1{,}5^{cc}$
Mittl. Fehler an einer einfachen Distanzmessung (aus Diff. Hin ÷ Rück; syst. Fehler aber nicht eliminiert):	$\pm$ 1,5 cm		

Resultate der Auswertung:

Mittel der Richtungsverb. aus allen V in den Abrissen nach def. Orientierung nach der Ausgleichung Algebr. Mittel:	$\pm 5{,}4^{cc}$		
Geom. Mittel:	$\pm 7{,}0^{cc}$		
Mittlerer Distanzfehler nach der Ausgleichung aus allen V der Abrisse:	$\pm$ 1,5 cm		
Verhältnis von zu erwartenden mittleren linearen Abschlußfehlern a priori zu effektiven linearen absoluten Abschlußfehlern:	Min. $\frac{1}{3}$	Max. $\frac{16}{1}$	Mittel $\frac{3}{2}$
Mittel der effektiven linearen Abschlußfehler pro 1 km Zugslänge:	1,9 cm		
Verhältnis der mittleren Gewichtseinheitsfehler a priori zu a posteriori, im Mittel:	1 : 2		
Mittlerer Fehler für 1 km einfaches Nivellement (aus Widersprüchen):	$\pm$ 5 mm		
Mittlerer Fehler für 1 km Höhenbestimmung im Polygonzug (aus Widersprüchen)	$\pm$ 2,1 cm		

Total bestimmte Punkte:	
Trig. Signale und stationierte Hochpunkte:	113
Kirchen und Fahnen:	16
Abgeleitete Bodenpunkte:	8
Neu bestimmte Anschlußpunkte:	15
Durch Relationsmessung bestimmte Punkte alter Triangulationen:	12
Zusammen:	164

3.6 Zusammenfassung über den Zeitaufwand

Arbeitsgattungen		Stunden Geometer	Zeichner	Gehilfen
V, O	Verhandlungen, Organisation, Koordination, Administratives	87	57	18
Vor	Studium und Ausarbeitung von Vorschriften, Verfahren und Grundlagen Meß- und Auswerteprogramm	53	1	4
Rek	Rekognoszierung, ordentliche und außerordentliche Netzpläne	773	173	56
SS	Steinsatz, Signalisierung	70	–	979
SU	Besondere Versäumnisse wegen Rekonstruktionen	5	–	125
Verpfl.	Verpflocken der Stationen	9	–	47
H	Ausholzen	133	11	208
Not	Notifikationen	1	9	–
Ni	Messung Nivellement	97	2	196
D	Distanzmessung	314	24	558
W	Winkelmessung	384	–	762
Üb	Nachrechnen der Feldbücher	97	3	17
NiA	Auswertung Nivellement	61	–	6
AL	Auswertung Lage mit allen Teilarbeiten	411	48	8
AH	Auswertung Höhe mit allen Teilarbeiten	69	13	–
Prot	Versicherungsprotokolle zeichnen und schreiben	2	374	–
Ko	Koordinatenverzeichnisse anfertigen	4	11	–
Ber	Bericht	12	6	–
	Total	2582	732	2984

Die Geometerarbeiten wurden durch die Herren dipl. Ing. H. Schudel, dipl. Ing. F. Koncilja und den Verfasser ausgeführt.

4. Erfahrungen und Anregungen

4.1 Über die Vertragsgrundlagen

Gute Werkverträge sind Voraussetzung für gute Werke. Eine Triangulation IV. Ordnung ist eine so wichtige vermessungstechnische Grundlage, daß es gerechtfertigt erscheint, auch hier diesem Grundsatz Rechnung zu tragen. Es ist falsch, wenn bei einem derartigen Werk wegen zu unsorgfältiger Erhebung der Vertragsgrundlagen aus unternehmerischen Überlegungen auf Kosten der Qualität gespart werden muß.

Es heißt zwar, die Triangulation IV. Ordnung sei in unserem Land fertig. Wegen veränderter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, wegen starker Entwicklung der Überbauung und infolge umfangreicher baulicher Maßnahmen des öffentlichen Verkehrs werden mancherorts wesentliche Teile der Fixpunktnetze entweder zerstört oder entsprechen in ihrer Anlage den Anforderungen nicht mehr. Auch gibt es Gebiete – wie im Fall des Operates Limmattal –, wo nach der Landestriangulation

I.–III. Ordnung alte, seinerzeit gemeindeweise durchgeführte Triangulation IV. Ordnung zusammengefaßt und rechnerisch ins Landeskoordinatennetz transformiert wurden in der Absicht, diese bei späterer Gelegenheit und nach Bedarf ganz neu zu bearbeiten. Die Notwendigkeit der gründlichen Nachführung und teilweisen Neuanlage der Triangulation IV. Ordnung wird sich deshalb zusehends abzeichnen, so daß die oben erwähnten Überlegungen in diesem Zusammenhang nicht ohne Bedeutung sind.

Wenn die Grundlagen zuverlässig zu ermitteln sind und das Leistungsverzeichnis ohne bedeutendes Unvorhergesehenes (Beeinträchtigung durch bauliche Maßnahmen, wiederholte Zerstörung der Fixpunkte, Industrierauch, Nebelhäufigkeit, Zutritt auf Hochhäuser, Verkehr) aufgestellt werden kann, ist ein Akkordvertrag sicher auch hier die richtige Art der Vergabe; treffen diese Voraussetzungen aber nicht zu, so ist die Abrechnung im Aufwand sicher für beide Teile besser. Auf jeden Fall – und das ist das Wesentliche – ist aber die eigentliche Rekognoszierung des Netzes von allen übrigen Arbeitsgattungen zu trennen und separat im Aufwand zu vergeben; diese umfaßt:

- Begehung aller Anschlußpunkte höherer und vierter Ordnung. Prüfung des Zustandes der Versicherung; (Neigung der Steinoberflächen messen, schiefe Steine über Bodenplatte aufrichten). Mögliche Visuren und Verwachsungen durch Wald abklären (leider gibt es viele Punkte, auch höherer Ordnung, die unbrauchbar im Wald verwachsen sind). Die ursprüngliche Bestimmung der Anschlußpunkte IV. Ordnung feststellen. Da es sich oft um Randpunkte handelt, ist diese bisweilen zweifelhaft (in solchen Fällen Kontrollmessungen durchführen; dies ist oft auch für Hochpunkte höherer Ordnung empfehlenswert).
- Netz rekognoszieren mit Beobachtungs- und Berechnungsplan.
- Art der Punktversicherung im Detail festlegen; ebenso alle besonderen Nebenarbeiten, wie Signalisierung, Ausholzarbeiten etc. Besondere Erschwernisse (Transport, Verkehr, Bautätigkeit, Rauch etc.) protokollieren.

Ein derart gründlich erarbeitetes Rekognoszierungsresultat gibt der Aufsichtsbehörde einerseits die Möglichkeit, vor Vertragsabschluß auf Netzanlage, Beobachtungsplan und Berechnungsgang ohne Erschwernis noch Einfluß zu nehmen, und ist anderseits der einzige Weg zu sauberen Grundlagen für das Leistungsverzeichnis und den Vertrag.

4.2 Zur Netzanlage

Die elektronische Distanzmessung gibt dem Vermessungsingenieur wesentlich mehr Freiheit in der Netzanlage. Wurde früher die Punktauswahl vor allem durch die möglichen Visuren und den fehlertheoretisch günstigen Netzaufbau bestimmt, so ist heute die Möglichkeit ganz wesentlich besser, die Punkte tatsächlich dorthin zu legen, wo sie dem Geometer für die Katastervermessung, aber auch für alle anderen vermessungstechnischen Dienstleistungen am meisten nützen, wo sie zudem zweck-

mäßig versichert werden können und gute Richtungsanschlüsse bestehen. Ob es sich dann schlußendlich um ein reines Triangulationsnetz, ein Trilaterationsnetz, ein reines Polygonnetz oder um eine Kombination all dieser Möglichkeiten handelt, ist von zweitrangiger Bedeutung. Wesentlich ist, daß das Netz, aus Richtungs- und Distanzbeobachtungen aufgebaut, fehlertheoretisch a priori den gestellten Genauigkeitsanforderungen genügt und von jedem Stationspunkt für die spätere Benützung genügend Richtungsanschlüsse bestehen.

Auch hier soll nicht grundsätzlich mit bewährten Traditionen gebrochen werden, aber bisweilen wird es zweckmäßig sein, den Triangulationspunkt von der Kuppe oder einem Aussichtspunkt in eine Parkanlage, auf einen Platz oder in eine Straßenflucht zu verlegen. Kirchturmspitzen sind nach wie vor zweckmäßige Hochpunkte für Richtungsanschlüsse. Für die Netzversteifung sind Hochpunkte auf begehbaren Flachdächern, auf denen stationiert werden kann, aber wesentlich günstiger.

In unzugänglichen Gebieten sind Einzelpunktbestimmungen durch Vektormessung zuzulassen, wobei die messungs- und berechnungstechnisch unabhängige Kontrolle durch Bestimmung von einem exzentrischen Stationspunkt aus oder nach einem exzentrischen Zielpunkt hin genügen soll.

4.3 Zur Frage der Wirtschaftlichkeit

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Bestimmung eines Fixpunktnetzes bedarf wahrscheinlich vor allem der Gegenüberstellung der Faktoren Genauigkeit, Gesamtkosten und Zeitbedarf. Jede konkrete Aufgabenstellung weist ihre besonderen Merkmale auf; der Vergleich der Wirtschaftlichkeit zweier Methoden muß deshalb von Fall zu Fall erfolgen und diesen Besonderheiten Rechnung tragen. Allgemeingültige Regeln aufzustellen ist deshalb schwierig. Unter Berücksichtigung der beiden Faktoren Genauigkeit und Gesamtkosten sind immerhin die folgenden Aussagen wahrscheinlich in jedem Fall richtig:

Wenn Netze mit elektronischer Distanzmessung eine wünschbare Punktauswahl, Punktverteilung und Punktdichte aufweisen, die nur mit Richtungsmessungen allein gar nicht möglich wäre, ist die Wirtschaftlichkeit ungeachtet der Kosten von vornherein gegeben.

Wenn die Verteilung und die Bestimmung der gegebenen Anschlußpunkte höherer Ordnung gut sind und die topographischen Verhältnisse den Aufbau eines reinen Richtungsnetzes erlauben, das mit Bezug auf Punktverteilung und Genauigkeitsanforderungen a priori alle Wünsche erfüllt, ist die derartige Bearbeitung – ohne Distanzmessungen – der Kosten wegen wahrscheinlich in jedem Fall wirtschaftlicher.

4.4 Über eine Besonderheit von Distanzmessungen

Es darf nie ausser acht gelassen werden, daß es zur Philosophie der Distanzen gehört, daß sie dem Vermessungsfachmann wesentlich mehr Kummer bereiten als die Richtungen. Das gilt in allen Bereichen, vom kurzen Meßbandmaß über den Bereich der Kleindistanzen der optischen

Tachymeter bis zu den mittleren und langen Distanzen der elektronischen Distanzmeßgeräte. Diese teils großen Schwierigkeiten beginnen bei der Arbeit im Feld – ja natürlich schon vorher beim Gerätebau in der Fabrik – und enden erst mit dem Abschluß der Auswertung einer Arbeit. Sie sind mannigfacher Art, begonnen bei der Definition der Länge überhaupt, über die Eichung und Stabilität der Meßwerkzeuge, die äußeren Einflüsse auf das Meßwerkzeug, die korrekte Erfassung der Geometrie und des atmosphärischen Zustandes der Meßstrecke, über die Fehlermöglichkeiten bei der Messung als solcher, bei der Übertragung der Resultate in die Auswertung und deren Verarbeitung bis zu den besonderen mathematischen und physikalischen Problemen der möglichst korrekten Reduktion ins Rechenmodell.

Auch diese Überlegungen sprechen den Richtungsnetzen überall dort ein Wort, wo man auf Distanzen verzichten kann.

4.5 Zur Punktversicherung

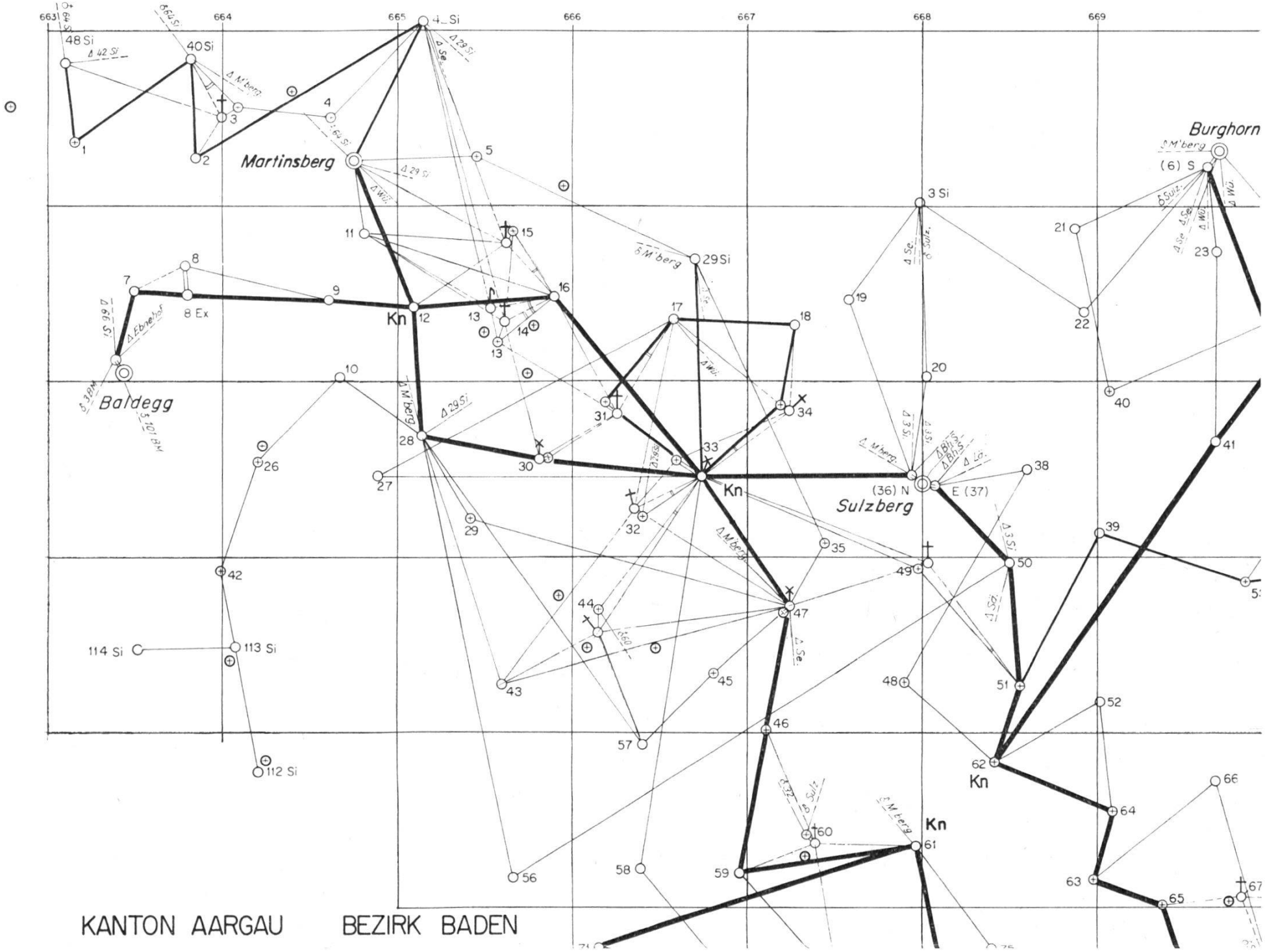
Die Kosten der Anlage eines Fixpunktnetzes sind erheblich; sie hängen von vielen Faktoren, nicht zuletzt auch von der Größe des gesamten Operates ab und liegen in der Größenordnung von ca. Fr. 600.– bis 1000.– pro Neupunkt. Schon aus diesem Grund, aber auch ebensosehr im Interesse der bestmöglichen Erhaltung der ursprünglichen Qualität des Netzes, darf die Bedeutung der Punktversicherung nicht unterschätzt werden. Hier gespart, wäre ganz sicher am falschen Ort gespart.

Der instruktionsgemäße trigonometrische Signalstein mit unterirdischer Bodenplatte ist in vielen Fällen auch heute noch zweckmäßig. Überall, wo schwere Landwirtschafts- und Baumaschinen zum Einsatz gelangen, genügt diese Versicherung den Anforderungen aber nicht. Auch hier muß sie gegen Verschiebung und Verkippung stabil sein; dazu bedarf es größerer, flachfundierter, ebenerdiger Versicherungsmonumente.

Natürlich ist es um das Verantwortungsbewußtsein des Publikums mit Bezug auf die Pflicht zum Schutz der Vermessungsfixpunkte schlecht bestellt; das gilt ja auch ganz besonders für die Grenzpunkte. Leider ist das aber eine Tatsache, an der zwar intensive Aufklärung und rigorose Rekonstruktionsrechnungen vielleicht etwas verbessern könnten.

Straßen, insbesondere in überbauten Gebieten, sind ungeeignete Standorte für trigonometrische Fixpunkte der herkömmlichen Art. Der Verkehr behindert die Arbeit stark, und der städtische Tiefbau gefährdet die Versicherung immer wieder; oft ist es sogar wegen Leitungen gar nicht möglich, die Punkte ordnungsgemäß zu setzen. In der Überbauung sind Gebäudefassaden und -ecken die dauerhaftesten Objekte. Sie sollten deshalb für die Punktdefinition, mindestens aber für die exzentrische Punktversicherung, unter Verzicht auf eine zentrische Versicherung, genutzt werden.

In Netzen mit elektronischer Distanzmessung gibt es insbesondere im Baugebiet oft wenige Richtungen. Wo auf einem Stationspunkt nicht 3 Netzrichtungen zur Verfügung stehen, sind in die Messung Azimutanschlußrichtungen in geeigneter Distanz einzubeziehen und die An-

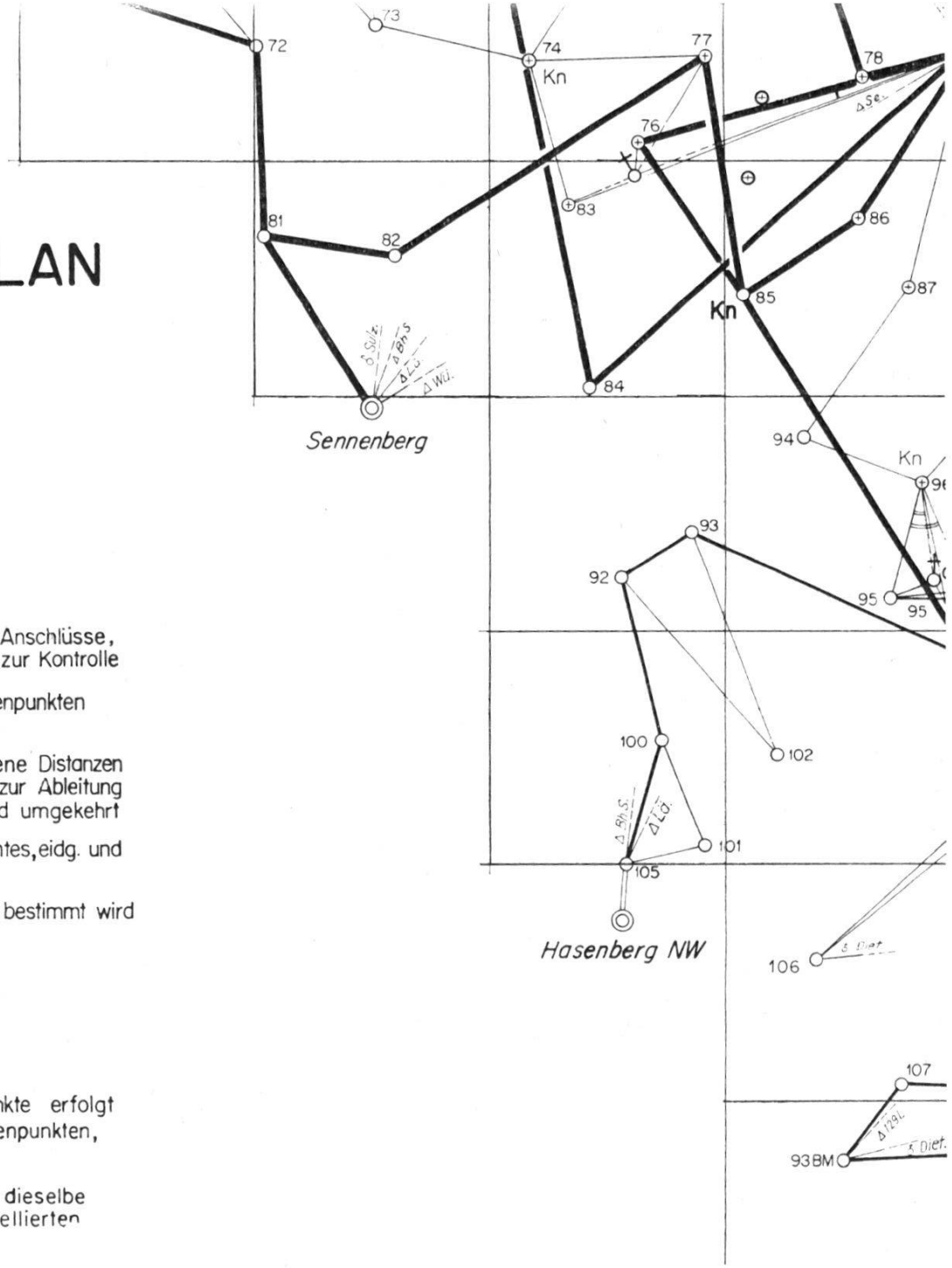


KANTON AARGAU BEZIRK BADEN

Triangulation IV. Ordg.
Operat Limmattal "Li"

POLYGONNETZPLAN

1:25 000



◎ Punkte höherer Ordg.

○ Punkte IV. Ordg.

Hochpunkte

Hochpunkte auf denen stationiert werden kann

einseitig gemessene Richtungen für Anschlüsse, zur Bestimmung von Hochpunkten und zur Kontrolle

Parallaxwinkel zur Ableitung von Bodenpunkten aus Hochpunkten oder umgekehrt

direkt oder mit Hilfsdreieck gemessene Distanzen zur Bestimmung von Exzentern oder zur Ableitung von Bodenpunkten aus Hochpunkten und umgekehrt

⊙ Fixpunktgruppen des Landesnivellementes, eidg. und kant.

⊕ Punkte, deren Höhe durch Nivellement bestimmt wird

Hauptzüge A

Hauptzüge B

Nebenzüge

Kn Knotenpunkte

Die Berechnung der Lage der Neupunkte erfolgt mit dieser Zugsqualifikation mit Knotenpunkten, gemäss Aufsatz in SZVPK Nr. 5/67

Für die Berechnung der Höhe gilt dieselbe Bemerkung ausgehend von den nivellierten Neupunkten

sichtsskizzen dieser Zielpunkte auf den entsprechenden Versicherungsprotokollen darzustellen.

4.6 Zu den Feldarbeiten

Bei reinen Richtungsnetzen gestaltet sich die Feldarbeit relativ einfach. Im Prinzip sind alle Punkte signalisiert, und die Beobachtungsequipe bezieht eine Station nach der anderen.

Demgegenüber sind die Feldarbeiten bei Netzen mit elektronischer Distanzmessung organisatorisch schwieriger. Es sind nicht grundsätzlich alle Punkte mit Stangensignalen signalisiert, sondern nur die Anschlußrichtungen und schwierig zugängliche oder selten zu beziehende Punkte. Die Equipe arbeitet mit mehreren Stativen, die für die Richtungs- und Distanzmessung mit den entsprechenden Zielmarken versehen werden. Wo Richtungen – wie bei Polygonzügen – über mehrere Punkte übertragen werden, kommt der Zwangszentrierung zudem besondere Bedeutung zu.

Zu Beginn der Arbeiten mit elektronischer Distanzmessung, als die Ausrüstungen noch recht sperrig und schwer waren, kam der Frage nach gleichzeitiger oder zeitlich getrennter Winkel- und Distanzmessung eine besondere Bedeutung zu. Die wirtschaftlichste Lösung lag dabei nicht im Entweder-Oder, sondern im Sowohl-Als-auch, also in einem sorgfältig überlegten, den Besonderheiten des Geländes und der Netzgestaltung Rechnung tragenden Beobachtungsplan. Rasch werden die Distanzmeßausrüstungen nun immer handlicher, so daß die gleichzeitige Winkel- und Distanzmessung mehr und mehr die richtige Lösung sein wird. Nach wie vor ist ein guter Beobachtungsplan aber Voraussetzung für rationell erreichte gute Meßresultate.

4.7 Zur Auswertung

Die Auswertung von zweckmäßig abgegrenzten, möglichst großen Netzteilen in einem Guß ist anzustreben. Je größer diese Netzteile aber sind, um so mehr ist eine provisorische Durchrechnung nach Einzelzügen oder Einzelpunkten zu empfehlen, damit grobe Unstimmigkeiten möglichst zuverlässig aufgedeckt werden. Besondere Bedeutung hat diese Bemerkung in Randgebieten zu anderen Operaten, damit die Genauigkeit der Anschlußpunkte zuverlässig überprüft werden kann.

Die Formulare der Triangulation IV. Ordnung sind für Netze mit elektronischer Distanzmessung nicht mehr zweckmäßig. Neudrucke, sowohl geeignet für neue Netze als auch für die Nachführung und verwendbar für alle vorkommenden Kombinationen von Beobachtungen, werden gelegentlich bearbeitet werden müssen. Den besten Einblick in eine Triangulation vermittelt das Formular Abriß. Ob elektronisch ausgedruckt oder von Hand erstellt, sollte es beibehalten und neben definitiven Azimuten, orientierten Richtungen und Richtungsverbesserungen auch definitive Distanzen, gemessene Distanzen, Distanzverbesserungen, definitive Höhendifferenzen, gemessene Höhendifferenzen und Höhenverbesserungen sowie die mittleren Fehler an Lage und Höhe ausweisen.

5. *Literaturverzeichnis*

[1] *Matthias H.:* Elektronische Distanzmeßgeräte. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik Nr. 2, 3 / 1959.

[2] *Matthias H.:* «Strenge» Ausgleichung von Polygonzügen mit Fehlerellipsen, ohne Normalgleichungen. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik Nr. 5 / 1967.

[3] *Wyss N.:* Ein programmierbarer elektronischer Tischrechner. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik Nr. 11 / 1967.

Das folgende Literaturverzeichnis enthält Abhandlungen über ähnliche Themen. Es wurde von dipl. Ing. H. Aeschlimann zusammengestellt.

[4] *Bauer, A.:* Mesures au Tellurometre Grœnland 1959. Revue des Géomètres-Experts et Topographes Français, 1961, Seite 853.

[5] *Bomford, A. G.:* Precise Tellurometer Traversing. Empire Survey Review, 1960, Seite 316.

[6] *Gerke, K.:* Zur Berechnung und Ausgleichung von Streckennetzen. Referat an der Vollsitzung der Deutschen Geodätischen Kommission, München 1960.

[7] *Gleinsvik, P.:* Die Gewichtsverteilung in polygonalen Zügen. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1965, Seite 37.

[8] *Gleinsvik, P.:* Die Gewichtsverteilung bei der Trilateration. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1965, Seite 309.

[9] *Gleinsvik, P.:* Strenge Ausgleichung kontra Näherungsverfahren bei der Berechnung polygonaler Züge und Netze. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1968, Seite 1.

[10] *Klinkenberg, H.:* The Monction Adjustment, Canadian Surveyor, 1962, Seite 11.

[11] *Konecny, G.; Roberts, W. F.:* The use of Tellurometer observations in establishing a coordinate Survey Control System in the province of New Brunswick, Canada. Paper presented to the Tellurometer Symposium in London, July 1962.

[12] *Konusow, V. G.:* The comparability of the accuracy of angular and linear measurements in polygonometric traverses, Geodesy and Aerocartography, Moscow, 1962, Seite 103.

[13] *Lilly, J. E.:* Least squares adjustment of dissimilar quantities. Empire Survey Review, 1961, Seite 120.

[14] *Roberts, W. F.,* et al.: The use of a model 4 Geodimeter in establishing basic control in the province of New Brunswick, Canada. Presented Paper, FIG Kongreß 1962.

[15] *Schatz, U.:* Strenge Polygonzugausgleichung? Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1966, Seite 221.

[16] *Tschapanov, Ch.:* Über die Genauigkeit der Winkel und Längenmessung in Polygonzügen, die einen Knotenpunkt definieren. Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik, 1962, Seite 183.

[17] *Wolf, E.:* Le cheminement d'angles – une nouvelle méthode rationnelle de triangulation et de polygonation. Revue des Géomètres-Experts et Topographes Français, 1963, Seite 417.

[18] *Zelosengi, G.:* Die Berechnung von triangulation-ersetzenden langseitigen Polygonzügen, auf Grundlage von fingierten Zügen. Budapest 1962, FIG Kommission III.

[19] *Zülsdorf, G.:* Beobachtung und Auswertung eines Streckennetzes in Libyen. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1965, Seite 296.