Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 77 (1979)

Heft: 2

Artikel: Das Programmsystem HELMERT/77 zur Berechnung allgemeiner geodätischer Netze

Autor: Keller, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-229674

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: 22.08.2025

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

Arlberg aufzuheben und eine neue Bahnschleife, die sich an die Linie der einmündenden Rheinstrasse anlehnt, zu bauen.

Alle diese neuen Gesichtspunkte verkehrstechnischer Natur erforderten eine Umarbeitung des Projektes der Melioration der Saarebene von 1944. Dies betraf ganz wesentlich das geplante Flurwegnetz. Während man beim ursprünglichen Projekt 1944 noch den Ausbau der bestehenden alten Staatsstrasse vorsah, stand man nun mit dem geplanten Bau der Nationalstrassen und den Bauvorhaben der SBB vor völlig neuen Tatsachen. So kann jetzt die alte Staatsstrasse wieder für den landwirtschaftlichen und den Lokalverkehr beibehalten werden.

Im Sommer 1957 erfolgte die Neubearbeitung des Meliorationsprojektes aufgrund der vorerwähnten Voraussetzungen.

Nun ist das Werk nach 21jähriger Bauzeit (5 Jahre Saarableitungskanal und 16 Jahre Melioration) abgeschlossen worden. Die sehr lange Wartezeit hat sich schliesslich doch gelohnt. Die früheren Begehren riefen immer nur nach der Gewässerkorrektion und der Bannung der Hochwassergefahr. Nun kam die Gesamtmelioration, die den Landwirten die Güterzusammenlegung mit der Detailentwässerung und einem gut ausgebauten Wegnetz brachte, was für die Bewirtschaftung die optimale Arbeitserleichterung bringt. Die Güterzusammenlegung mit der Reduktion der Parzellenzahl und damit der Beschaffung von grösseren Grundstücken mit regelmässigen Formen bringt dem Landwirt den grössten Nutzen.

Das Kanalsystem, wie es zurzeit des Bahnbaues erstellt wurde, musste den neuen Verhältnissen angepasst werden, konnte jedoch in der Linienführung weitgehend beibehalten werden. Für die Detailentwässerung waren die Wasserläufe zu vertiefen und mussten dadurch verbreitert werden. Wo immer möglich, erhielten sie eine Kiessohle und eine Natursteinpflästerung als Uferschutz, sie ermöglichen dadurch das Leben der Fische. Wenn Fischreiher und Fischer an den neuen Wasserläufen zu beobachten sind, dann hat es bestimmt Fische!

Durch den Bau der Kläranlagen hat sich die Qualität des Wassers ganz wesentlich verbessert. Die neuen Gerinne, der Saarkanal, der Vilterser-Wangser-Kanal, die Fährbäche, unterer und oberer Teil, der Schlichergraben, der Saschielgraben, der Wolfrietgraben, der Guttligraben, der Äuligraben und der Schwärzigraben sind grösstenteils naturverbunden ausgebaut und bilden mit den neu erstellten Kiesfängen Sehenswürdigkeiten besonderer Art.

Das mit der Güterzusammenlegung neu erstellte Wegnetz mit meist staubfreien Strassen dient nicht allein dem landwirtschaftlichen Verkehr, sondern erschliesst einen ansprechenden Erholungsraum zwischen Hangfuss und Rhein.

Durch die nun erfolgte Bodenverbesserung wird aber auch eine Grünzone dauernd erhalten, die der gesamten Bevölkerung von grösstem Nutzen ist.

Die prächtigen Kulturen, wie sie heute zu sehen sind, müssen doch jedermann mit grosser Freude erfüllen. Mit der Gesamtmelioration wurde auch das Erstellen neuer Hofsiedlungen ermöglicht. Diese stattlichen Bauernhöfe sind eine Augenweide und garantieren auch die intensive Bewirtschaftung der entfernt gelegenen Flächen.

Die Windschutzanlagen haben nicht nur die Aufgabe, den Wind zum Schutze der Kulturen zu bremsen, sondern sie beleben das Landschaftsbild und ermöglichen das Leben einer reichhaltigen Flora und Fauna.

So dürfen alle, die an diesem bedeutungsvollen Werk mitgearbeitet haben, aber auch die beteiligten Grundeigentümer und die Bevölkerung des Sarganserlandes mit Freude und berechtigtem Stolz das hier Geschaffene betrachten. Wenn die Wellen auch manchmal hoch gingen und es laute Worte und rote Köpfe gab, hat es sich gelohnt, durchzuhalten. Die Melioration hat die Landschaft in der Saarebene wohl verändert, aber durchaus nicht verschandelt.

Adresse des Verfassers: Hans Braschler, Dipl. Ing. ETH, Myrtenstr. 8, 9010 St. Gallen

Das Programmsystem HELMERT/77 zur Berechnung allgemeiner geodätischer Netze

W. Keller

Cette publication présente un ensemble de programmes en FORTRAN pour la compensation de réseaux topographiques. Ces programmes permettent de calculer des réseaux tridimensionnels, planimétriques ou altimétriques. Les observations (visées horizontales et verticales, azimuts, distances inclinées et horizontales) dépendent des paramètres donnés ou inconnus (coordonnées dans un système de projection, hauteurs elipsoïdiques, déviations de la verticale et paramètres instrumentals ou physiques). Pour l'ajustage d'un réseau on peut donner des paramètres connus en nombre suffisant ou définir une transformation d'Helmert d'une manière générale. Pour définir la compensation, on doit nommer explicitement les données et inconnues du réseau et, pour les points fixes d'une transformation d'Helmert, on peut prescrire des ellipses d'erreurs pour les écarts planimétriques et les dèviations de la verticale, en plus des erreurs moyennes des écarts altimétriques. En vertu de cette définiton, les programmes sélectionnent automatiquement les observations nécessaires et forment les quations conditionnelles que l'on doit ajouter aux équations normales en cas d'une transformation d'Helmert.

1. Einleitung

Mit dem Programmsystem HELMERT/77 können sehr allgemeine Ausgleichungsprobleme, wie sie bei der Berechnung geodätischer Netze auftreten, gelöst werden. Bei der folgenden Darstellung der gegenwärtigen Version des Programmsystems können nur die wichtigsten Möglichkeiten hinsichtlich der geodätischen Probleme erläutert werden.

Das Programmsystem HELMERT/77 ist in FORTRAN geschrieben. Dabei wurde von den Möglichkeiten moderner Grosscomputer und Betriebssysteme Gebrauch gemacht. Das System um-

fasst 4 Hauptprogramme und 24 Subroutinen. Implementiert wurde das System bisher auf einer UNIVAC 1110- und einer Burroughs B7700-Anlage der Hochschule der Bundeswehr München.

2. Beobachtungen und Parameter der Ausgleichung

Das Programmsystem HELMERT/77 verwendet das Verfahren der vermittelnden Ausgleichung mit Bedingungsgleichungen. Die *Beobachtungen* hängen gemäss den Beobachtungsgleichungen von *Punkt-* und *Hilfsparametern* ab. Alle Parameter können wahlweise als Konstante oder als Unbekannte in die Ausgleichung eingeführt werden (siehe Abschnitt 5).

Es können folgende *Beobachtungsarten* bearbeitet werden:

Richtungen, Azimute, Höhenwinkel, schiefe Distanzen, horizontale Distanzen auf mittlerer Höhe, behelfsmässig auch nivellierte Höhendifferenzen.

Bei den Höhenwinkeln und Distanzen können die Instrumenten- und Signalhöhen angegeben werden. Die Gewichte der Beobachtungen werden aufgrund eines zu definierenden stochastischen Modells berechnet (siehe Abschnitt 3).

Als *Punktparameter* wurden folgende Grössen ausgewählt:

- y,x Koordinaten in einem wählbaren Projektionssystem; die davon abhängigen Berechnungen sind in einer auswechselbaren Subroutine zusammengefasst;
- h ellipsoidische Höhe;
- η,ξ Lotabweichungskomponenten bezüglich der Meridianrichtung im Stationspunkt.

Abhängig von der Beobachtungsart sind folgende *Hilfsparameter vorgesehen:*

Beobachtungsart	Hilfsparameter
Richtungen	Orientierungs«unbekannte»,
Azimute	Eichwert, Laplacewiderspruch
Höhenwinkel	Refraktions«konstante»
Distanzen	Additions- und Multiplikations«konstante»

Beobachtungen mit gleichen Hilfsparametern werden zu Sätzen zusammengefasst.

Damit die Unbekannten bestimmt sind, müssen zweckmässig ausgewählte Konstanten vorgegeben werden, und es ist darauf zu achten, dass die Beobachtungen zur Bestimmung der Unbekannten genügen. Andernfalls erhält man ein singuläres Normalgleichungssystem. Das Programmsystem HELMERT/77 benützt Bedingungsgleichungen zur Lagerung freier Netze und zur Behebung von Singularitäten der Form und Grösse des Netzes. Die Bedingungen werden aufgrund einer Definition der Ausgleichung, welche die Definition einer verallgemeinerten Helmerttransformation umfasst, automatisch gebildet (siehe Abschnitte 4, 5).

3. Stochastisches Modell der Ausgleichung

Man kann die mittleren Fehler der Beobachtungen für jede einzelne Beobachtung eingeben. Normalerweise wird man aber von der Möglichkeit Gebrauch machen, die Koeffizienten der Formel $m = C_0 + C_1 d + C_2 d^2$ satzweise vorzugeben. d bedeutet eine horizontale oder schiefe Distanz, abhängig von der Beobachtungsart. Bei manchen Anwendungen aus der Ingenieurvermessung ist es nötig, die aufgrund der mittleren Beobachtungsfehler gerechneten Gewichte zu reduzieren, denn die Konstanten sind nur mit einer bestimmten Genauigkeit bekannt, und die Unbekannten sind oft nicht sehr genau definiert (z. B. Zentrierfehler, kleine Punktverschiebungen während der Beobachtungen). Das Programmsystem HELMERT/77 führt die Reduktion der Gewichte automatisch durch. Dazu können für jeden Punkt mittlere Fehlerellipsen für die Lage (y, x) und die Lotabweichung (η, ξ) sowie ein mittlerer Fehler der Höhe vorgegeben werden. Ebenso können mittlere Fehler der Hilfsparameter, bei Additions- und Multiplikationskonstanten auch ein Korrelationskoeffizient, berücksichtigt werden.

Mit dem Programmsystem HELMERT/77 können keine korrelierten Beobachtungen verarbeitet werden.

4. Funktionales Modell der Ausgleichung

Das funktionale Modell wird einmal durch die verwendeten Formeln zur Bestimmung der Koeffizienten und Absolutglieder der Fehlergleichungen festgelegt. Das Programmsystem HELMERT/77 benützt im wesentlichen die Näherungsformeln der klassischen Geodäsie. Verlangt man nicht eine Rechengenauigkeit, die wesentlich grösser ist als die bestenfalls erreichbare Beobachtungsgenauigkeit, so kann man maximale Visurlängen von ca. 50 km und Netze, die nicht grösser sind als etwa die Schweiz, zulassen. Mit diesen Einschränkungen erlauben die Mittel der klassischen Geodäsie auch die Berechnung räumlicher Netze.

Die unbekannten Parameter hängen von den Beobachtungen, den konstanten Parametern oder den Bedingungen der verallgemeinerten Helmerttransformation ab. Das Programmsystem bildet automatisch Bedingungen, so dass die Matrizengleichung

$$\underline{\Delta u}^T \underline{P} \; \underline{\Delta u} = \text{Min.}$$

erfüllt ist. Diese besagt, dass die Komponenten des Vektors $\underline{\Delta u}$, d. h. die unbekannten «Verbesserungen» der vorgegebenen Werte der Punktparameter (y, x, h, η, ξ) möglichst klein sein sollen. Die Definition der Ausgleichung enthält Angaben (siehe Abschnitt 5), womit die Haupt- und Nebendiagonale der symmetrischen Gewichtsmatrix $\underline{P}$ bestimmt werden können. Die übrigen Koeffizienten werden gleich null gesetzt.

5. Definition der Ausgleichung

Die Definition der Ausgleichung umfasst vor allem folgende Fragen:

a) Auswahl der konstanten und unbekannten Parameter,

b) Definition der verallgemeinerten Helmerttransformation,

c) Auswahl der Beobachtungen.

Das Wichtigste soll anhand eines Beispiels erläutert werden.

Von Seiten des Programmsystems HELMERT/77 bestehen keine Einschränkungen über das Ausfüllen des Definitionsschemas. Die Qual der Wahl wird dem Benützer überlassen.

Bemerkungen

zu a) Alle Punkte, die in die Ausgleichung eingehen sollen, sind aufzuführen. 0 (oder blank) bedeutet, dass es

Codes	Angaben zu a)					Angaben zu b)						
						Lage			*Höhe*	*Lotabweichung*		
						mittlere Fehlerellipse				mittlere Fehlerellipse		
	y	x	h	η	ξ	m_A (mm)	m_B (mm)	θ (g)	m_H (mm)	m_A (cc)	m_B (cc)	θ (g)
A	1	1	0	1	1	1	1	0		5	5	0
B	1	1	1	1	1	1	1	0		5	5	0
C	1	1	1	1	1	1	1	0		5	5	0
D	1	1	1	1	1	1	1	0				
218	1	1	1	0	0							
218EXZ	2	2	2	0	0							
	hpar1	hpar2										
ME3000	1	1										
BAND	0	0										

sich um eine Konstante handelt. Die Höhe von A ist z. B. eine Konstante. 1 oder 2 stehen für Unbekannte. 2 bedeutet, dass die Unbekannte mit der darüber stehenden übereinstimmt. Beispielsweise wurde die Exzentrizität (218, 218EXZ) bei den Näherungskoordinaten berücksichtigt. 218, 218EXZ seien Punkte, auf denen keine Höhenwinkel oder Richtungen gemessen wurden. η und ξ können daher nicht als Unbekannte bestimmt werden.

Die Hilfsparameter werden ganz analog definiert.

zu b) Diese Angaben werden zur Lagerung freier Netze benötigt. Im obigen Beispiel eines räumlichen Netzes ist die Höhe von A gegeben. Die Punkte A, B, C, D sind Lagepasspunkte der Helmerttransformation. Die Kippung des Netzes bezüglich des Referenzellipsoides wird durch die mittleren Fehlerellipsen der Lotabweichungen in den Punkten A, B, C festgelegt.

zu c) Es werden nur diejenigen Beobachtungen, die zur Bestimmung der definierten Unbekannten beitragen, in die Ausgleichung eingeführt.

6. Resultate der Ausgleichung

Es werden folgende Hauptresultate ausgedruckt:

- *Konstante und unbekannte Parameter mit Genauigkeitsangaben:*
  Koordinatenverzeichnis, Verzeichnis der Lotabweichungen, Genauigkeit der Punktparameter (mittlere Fehlerellipse der Lage, mittlerer Fehler der Höhe, mittlere Fehlerellipse der Lotabweichung), Verzeichnis der Hilfsparameter (mit mittleren Fehlern und eventuellen Korrelationskoeffizienten).
- *Definitive Abrisse:*
  Beobachtungen, Instrumenten- und Signalhöhen, Verbesserungen, korrigierte mittlere Fehler der Beobachtungen a posteriori.

7. Einschränkungen

Die folgenden Einschränkungen sind von der Rechenanlage, dem Betriebssystem und dem verwendeten Compiler abhängig. Sind dies eine UNIVAC 1110, das übliche Betriebssystem und der Compiler FOR, so können folgende Varianten des Programmsystems HELMERT/77 verwendet werden:

maximale Anzahl	Var. 1	Var. 2	Var. 3
Punkte des Operates	100	300	300
eingegebene Sätze	200	400	500
Beobachtungen	1000	1500	2000
Richtungen pro Satz	30	30	30
Freiheitsgrade	10	10	10
Normalgleichungen inkl. Bedingungen	150	267	360

Die Grenzen von Variante 1 hängen nicht von den Möglichkeiten der UNIVAC-Anlage ab; sie wurden aufgrund praktischer Gesichtspunkte festgelegt.

8. Schlussbemerkungen

Es können mit dem Programmsystem HELMERT/77 fast beliebige, einfache oder komplizierte Netzausgleichungen durchgeführt werden. Die aussergewöhnlich hohe Flexibilität des Systems wird vor allem durch die Definition der Ausgleichung nach Abschnitt 5 erreicht.

Folgende Spezialitäten des Programmsystems HELMERT/77 sind hervorzuheben:

- Verschiedene Möglichkeiten gestatten, ein zweckmässiges stochastisches Modell auf einfache Weise zu definieren.
- Die Definition der Ausgleichung kann die Definition einer verallgemeinerten Helmerttransformation umfassen. Die entsprechenden Bedingungen werden nach einem vom Verfasser entwickelten Verfahren gebildet.

Verwendet man das Programmsystem HELMERT/77 auf modernen Rechenanlagen (UNIVAC 1110, Burroughs B7700 usw.), so ist mit Unterstützung der Betriebssysteme eine weitgehend interaktive Arbeitsweise möglich. Diese wird durch die Fehlermeldungen des Programmsystems HELMERT/77 unterstützt. Es wurde aber vor allem eine terminalgerechnete, ökonomische Arbeitsweise angestrebt. Von praktischer Bedeutung ist die automatische Auswahl der Beobachtungen aufgrund der Definition der Ausgleichung.

Das Programmsystem HELMERT/77 wurde für die Aufgaben unseres Ingenieurbüros entwickelt, wozu insbesondere Auswertungen von Deformationsmessungen gehören. Es steht aber auch einem weiteren Kreis von Fachleuten für die Lösung geodätischer Probleme zur Verfügung.

Adresse des Verfassers:
Werner Keller, dipl. Ing. ETH, c/o Ingenieurbüro Walter Schneider AG, Reichsgasse 61, CH-7000 Chur

VSVT/ASTG

Verband Schweizerischer Vermessungstechniker
Association suisse des techniciens-géomètres

Sektion Aargau

Hochgebirgsskitour Petersgrat–Stechelberg

Die Sektion Aargau organisiert wiederum eine hochalpine Skitour. Alle in Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik zusammengeschlossenen Verbände sind dazu recht herzlich eingeladen. Die hochalpine Skitour beginnt mit einem Helikopterflug der Rettungsflugwacht vom Männlichen dem Jungfraumassiv entlang zum Petersgrat (Pkt. 3126 m ü. M.). Inmitten diesem herrlichen Alpenpanorama rüsten wir uns für die erste Abfahrt über den Kanderfirn zur Mutthornhütte. Dort angelangt verpflegen wir uns aus dem Rucksack. Gestärkt geht es über den Tschingelfirn zum Gletscherrand hinunter. Weiter durch ganz lichten, aber steilen Tannenwald zum unteren Steinberg. Von da, dem Flusslauf entlang, bis nach Stechelberg. Eine Taxe führt uns zum Ausgangspunkt Lauterbrunnen zurück.

Die Skiwanderung wird vom Bergführer und Skilehrer Christian Ruch geführt, eine sehr schöne Frühlingstour jedoch nur für *gute Skifahrer.*

Treffpunkt: *17. März 79, 8.15 Uhr Bahnhof Lauterbrunnen*
Abfahrt: 8.36 Lauterbrunnen–Wengen
Abfahrt: 9.15 Wengen–Männlichen
Abflug: 9.45 mit Heli

Kosten:	20 Personen	30 Personen
Bergführer	Fr. 13.–	Fr. 9.–
Bahnen	Fr. 11.–	Fr. 10.–
Heli	Fr. 90.–	Fr. 90.–
Total:	Fr. 114.–	Fr. 109.–

Anmeldung mit Postkarte bis zum 28. 2. 1979 an: B. Hauswirth, Tellstr. 16, 5000 Aarau.

Sektion Zürich

Voranzeige

Die Hauptversammlung der Sektion Zürich findet dieses Jahr, aus verschiedenen Gründen, erst am 10. März statt. Genauere Informationen erhalten Sie durch die persönliche Einladung.

Der Vorstand