
INTERAKTIVE TRIANGULATION

R. Conzett, A. Frank, C. Misslin

Zusammenfassung

Unter der Bezeichnung "interaktive Triangulation" wird ein programmiertes Berechnungsverfahren erläutert, das erlaubt, mittels hierarchisch geordneter Arbeitsschritte Triangulationsnetze zweckmässig zu entwerfen und diese später in Stufen zu berechnen und die Messungen auf Fehler zu überprüfen. Ziel ist dabei eine optimale Kommunikation zwischen Benutzer und Computersystem.

Summary

Under the heading 'Interactive Triangulation' a programme system for design and adjustment of triangulation networks is presented. A set of hierarchical structured programme modules supports all activities from the design through the detection of errors in measurements to the final computation and presentation of results.

Goal of the research project is the design of an optimal communication between man and machine.

Résumé

Sous le titre "triangulation interactive" est présentée une méthode de calcul par ordinateur permettant de concevoir et de compenser des réseaux de triangulation.

La conception, la détection d'erreurs de mesures ainsi que le calcul final sont effectués grâce à un système structuré de manière hiérarchique de programmes modulaires.

Le but recherché est d'obtenir une communication optimale entre utilisateur et ordinateur.

Conzett, R., A. U. Frank, and C. Misslin. "Interaktive Triangulation."
Paper presented at the 8. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung,
Zürich, 24. September - 1. Oktober 1980 1980.

INTERAKTIVE TRIANGULATION

Gliederung

1. Einführung: Was ist interaktive Triangulation (INTRA)?
 - 1.1 Berechnungsverfahren für Triangulationsnetze
 - 1.2 Datenbankbezogenes Informationssystem
 - 1.3 Teil eines übergeordneten Konzeptes
 - 1.4 Modular gestaltetes Programmsystem
 - 1.5 Forschungsvorhaben
2. Technische Voraussetzungen für interaktive Problembearbeitung
3. Zum Entwurf interaktiver Programmsysteme
 - 3.1 Allgemeines
 - 3.2 Gliederung in Arbeitsschritte
 - 3.3 Eingaben und Resultate von Arbeitsschritten
 - 3.4 Reihenfolge der Arbeitsschritte
 - 3.5 Unterbrechung der Arbeit
 - 3.6 Datenbank
4. Anwendungsbeispiel
5. Zusammenfassung und Ausblick

Literatur1. Einführung: Was ist interaktive Triangulation (INTRA)?

Im Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich wird zur Zeit ein Programmsystem entwickelt, das neue Möglichkeiten beim Entwurf und der Berechnung von Triangulationsnetzen bieten soll. Dabei stehen nicht mathematisch-statistische Fragen im Vordergrund; wesentlich ist vielmehr, die Beziehung zwischen dem Benutzer und dem unterstützenden Computer besser zu gestalten.

1.1 Berechnungsverfahren für Triangulationsnetze

"Interaktiv" bezieht sich auf die Beziehung zwischen dem Menschen und dem Computersystem, das er zur Lösung von Aufgaben einsetzt. Mensch und System arbeiten im Dialog. Beide sind abwechslungsweise aktiv, indem sie in bezug auf das zu lösende Problem, hier eine Triangulation, einander Fragen stellen (und natürlich Antworten erwarten). Ausführlicher müsste INTRA heissen: "interaktiv-numerisch-graphisches System", um auszudrücken, dass zur Unterstützung dieses Zwiegesprächs neben Zahlen und Zeichen auch graphische Mittel eingesetzt werden. Dadurch sollen spezifische Fähigkeiten des Menschen, z.B. die globale Beurteilung einer Situation, und die der Maschine, z.B. die schnelle Berechnung komplexer Formeln, so verbunden werden, dass optimale Netzentwürfe entstehen.

1.2 Datenbankbezogenes Informationssystem

In der Informatik bezeichnet man Systeme als Informationssysteme, die Daten verarbeiten und sie mit Ziffern und Zeichen oder als Zeichnungen so darstellen, dass der Mensch daraus Information gewinnen kann. INTRA ist im weiteren ein datenbankbezogenes Informationssystem. Der Begriff Datenbank ist hier im strengen Sinn zu verstehen: Eine Datenbank besteht aus Datenbestand und Datenverwaltungssystem. Sie ist organisatorisch von den Programmteilen getrennt, die man als Anwenderprogramme bezeichnet, und die ihrerseits wieder unabhängig von den Daten und deren Nachführung und Kontrolle entwickelt werden.

1.3 Teil eines übergeordneten Konzeptes

In diesem Sinne besitzt INTRA einen konzeptionellen Ueberbau. Datenbankbezogene Informationssysteme, die besonders auf raumbezogene Daten ausgerichtet sind, nennen wir EDV- (oder computerunterstützte) Landinformationssysteme. Solche Systeme sollten nach unserer Auffassung aus standardisierten Datenbanksystemen abgeleitet werden. INTRA ist ein Makro-Modul im Rahmen eines solchen Landinformationssystems, dessen Datenbank auch für andere Anwendungen wie Parzellarvermessung, Topographie, Grundbuch usw. verwendet werden kann und in dieser Richtung ausgebaut werden soll.

In der erwähnten Datenbank werden aber nicht nur Koordinaten gespeichert, sondern auch Triangulationsnetze, das heisst Punktnummern mit entsprechenden Verknüpfungen, so dass beispielsweise ein a priori entworfenes Netz später ohne weiteres wieder dem Speicher entnommen, mit gemessenen Werten gespiesen und ausgeglichen werden kann. Auch Messdaten können im Speicher aufbewahrt, verwaltet und später weiterverwendet werden. INTRA ist also nicht nur ein Triangulationsprogramm, sondern gründet auf einer allgemein konzipierten Datenorganisation.

1.4 Modular gestaltetes Programmsystem

Einschränkend ist zu sagen, dass INTRA vorerst keine besonders originellen Algorithmen enthält. Dank seines modularen Aufbaues kann aber das System jederzeit neue, wirkungsvollere Algorithmen aufnehmen. Was INTRA zur Zeit kann, muss somit nicht repräsentativ dafür sein, was INTRA in Zukunft können wird. So optimieren wir zur Zeit Triangulationen mit INTRA durch interaktive Arbeitsweise. Nichts steht aber dagegen, später Module einzubauen, die das eingegebene Netz einem algorithmischen Optimierungsprozess unterwerfen. Vielleicht liesse sich dieser nötigenfalls wiederum interaktiv unterstützen.

1.5 Forschungsvorhaben

Ziel des Projektes - das kann nicht genug betont werden - ist, die Kommunikation zwischen Benutzer und System optimal zu gestalten. In welcher Art nämlich der Dialog geführt werden muss, um rasch zu einem guten Resultat zu kommen, bleibt vorerst offen. Bieten uns leistungsfähige Computersysteme nicht vielleicht Möglichkeiten, die im konventionellen Verfahren gar nicht denkbar sind? Die Grundfrage stellt sich immer so: welche Information, in welcher Form, in welchem Umfang dargeboten, führt zu einer

optimalen Reaktion des Bearbeiters? Das gilt vorerst für die Gestaltung des Netzes. Später, in der zweiten Phase, sollen nach ähnlichen Verfahren allfällige Fehler in den Messungen gesucht werden.

Dabei ist nicht zu übersehen, dass ein Anfänger andere Informationsbedürfnisse hat als ein geübter Benutzer. Dem wird im System Rechnung getragen: Dem Anfänger werden ausführlich formulierte Fragen gestellt, dem "Experten" genügt eine Kurzform.

Aehnliches gilt für die Reihenfolge der Bearbeitung: der Anfänger wird sich beim Vorgehen an die vom System gemachten Vorschläge halten; der Erfahrenere kann davon abweichen. Allerdings wird er in diesem Fall vom System gewarnt: "Wollen Sie das wirklich?". Das bedeutet, dass er nun selber dafür verantwortlich ist, dass seine Operationen alle Voraussetzungen erfüllen.

Die hohe Rechenleistung eines Computers erlaubt uns, verschiedene Alternativen durchzurechnen. Zwischenresultate können sofort - auch graphisch - dargestellt werden. Vielleicht führt die Beobachtung von üblicherweise nicht sichtbaren Grössen mit der Zeit zu vertiefter Einsicht in das "Funktionieren" geodätischer Netze.

INTRA soll ein praxisbezogenes Vorhaben sein, vielleicht ist es aber auch ein gutes Medium für die Ausbildung. Man kann schnell ein gutes Gefühl für den Einfluss von Veränderungen in einem Triangulationsnetz gewinnen.

INTRA ist ein Anfang; wir sind interessiert daran, von anderen Stellen, die ähnliches machen oder vorhaben, zu erfahren, welcher Art von Lösungen sie den Vorzug geben.

Diese sehr allgemeinen einleitenden Ausführungen sollen nun in einem zweiten Teil etwas vertieft und an einem Beispiel veranschaulicht werden.

2. Technische Voraussetzungen für interaktive Problembearbeitung

Um Probleme im Dialog zwischen Mensch und Maschine zu bearbeiten, muss das "Gespräch" flüssig bleiben: die Antworten der Maschine haben schnell zu erfolgen. Wartezeiten über 10 Sekunden scheinen schon recht lang, und nur für gewisse, vom Benutzer subjektiv als besonders schwierig eingestufte Tätigkeiten, sind längere Antwortzeiten zulässig. Werden viele gleichartige Daten eingegeben, darf die Antwortzeit 1 bis 2 Sekunden nicht übersteigen.

Da moderne Rechner verschiedener Grösse diese Anforderungen erfüllen, sind die Voraussetzungen gegeben, z.B. Programme für die interaktive Berechnung von Triangulationsnetzen zu entwickeln. Die vorliegenden Arbeiten wurden auf der DEC-10 Anlage des Zentrums für interaktives Rechnen der ETH Zürich entwickelt. Als Terminal wurde dabei ein Hewlett-Packard HP 9845 Tischrechner eingesetzt, dessen Intelligenz für die graphischen Darstellungen ausgenützt wurde.

3. Zum Entwurf interaktiver Programmsysteme, dargestellt am Beispiel INTRA

3.1 Allgemeines

Bisher wurden Triangulationsnetze mit Programmen im Stapel-(batch-)Betrieb berechnet. Ein gutes interaktives Programm wirft ganz neue Probleme auf und kann nicht dadurch erzeugt werden, dass man ein konventionelles Stapelverarbeitungsprogramm mit einem Dialog zur Dateneingabe versieht und die Ergebnisse statt auf dem Schnelldrucker auf der Terminal-Schreibmaschine des Benützers ausgibt.

Es geht vielmehr darum, alle Arbeitsschritte, vom Zusammenstellen der Unterlagen, über den Entwurf des Netzes, die Aufbereitung der Messungen mit der Suche nach groben Fehlern bis zur definitiven Ausgleichung und der Archivierung der Resultate zu unterstützen.

Von dieser Auffassung ausgehend, haben wir beim Programmsystem INTRA mehr Wert auf diese interaktive Struktur als auf die Entwicklung ausgeklügelter mathematischer Konzepte und effizienter Algorithmen gelegt.

Bei der Gestaltung der Interaktivität können zwei Gruppen von Fragen unterschieden werden:

- "Interaktivität im Grossen": dazu gehört vor allem die Organisation des Arbeitsablaufes, auf die wir zurückkommen;
- "Interaktivität im Kleinen": darunter fallen Fragen wie:
 - Form von Eingaben: Zahlen, Abkürzungen oder Begriffe?
 - Mittel für die Eingabe geometrischer Sachverhalte: Tabelle, Lichtgriffel zum Bildschirm oder Steuerknüppel zum Dirigieren eines Strichkreuzes auf dem Bildschirm?
 - Form der Ergebnisse: Graphik, Tabelle oder Kennziffer?
 - Art, wie Fehler behandelt und wie dem Benutzer in abnormen Situationen geholfen werden soll.

Wir beschränken uns hier darauf, die "Interaktivität im Grossen" anzusprechen. Die Gestaltung der "Interaktivität im Kleinen" ist zwar nicht etwa weniger wichtig; aber darüber sind allgemeinere, über den geodätischen Bereich hinausgehende Untersuchungen von Informatikern verfügbar (z.B. [4]). Die Organisation des Arbeitsablaufes hingegen muss bei Triangulationsprogrammen von Geodäten bearbeitet werden.

3.2 Gliederung in Arbeitsschritte

Bei Stapelverarbeitung muss die Lösung der Aufgabe vor Beginn des Ablaufes vollständig bestimmt sein. Ist das Programm gestartet, kann der Benutzer den Ablauf nicht mehr beeinflussen.

Das wesentliche bei richtiger interaktiver Verarbeitung besteht demgegenüber darin, den ganzen Ablauf in viele angemessene, kleinere oder grössere Arbeitsschritte nach der Regel "Eingabe-Verarbeitung-Ergebnis" zu unterteilen und voneinander abzugrenzen. Der Benutzer kann diese dann in einer seiner konkreten Aufgabe angepassten Reihenfolge ablaufen lassen.

Dabei ist nicht nur zu beachten, dass die eingeführten Arbeitsschritte bewährter Praxis entsprechen, sondern auch, dass sie die Entwurfskriterien moderner Programmierungstechnik erfüllen: Modularität, Strukturierung, mehrstufige Abstraktion etc.

Jeder Arbeitsschritt muss einen klar erkennbaren Beitrag zur Lösung der Aufgabe leisten.

Beim Entwurf von INTRA wurden folgende Arbeitsschritte gegeneinander abgegrenzt (siehe auch Abb. 1).

- Aufruf der zu bearbeitenden Triangulation:
 - neue Triangulation beginnen
 - angefangene Triangulation weiter bearbeiten
- Netzentwurf:
 - Bearbeitung der Netzgeometrie
 - Punkte suchen und auf dem Bildschirm darstellen
 - geplante Beobachtungen (interaktiv-graphisch) eingeben
 - Netzplan auf dem Bildschirm darstellen
- Lagerung des Netzes (interaktiv-graphisch)
- Berechnung a priori:
 - Beobachtungsgleichungen vorbereiten
 - Normalgleichungsmatrix bilden und invertieren
 - mittlere und relative mittlere Fehlerellipsen berechnen und (graphisch) darstellen.
 - Zuverlässigkeit (graphisch) darstellen
- Ausgleichung der Beobachtungen:
 - (die Messwerte werden durch ein besonderes Programm erfasst)
 - Messwerte ausgleichen (analog zu a priori Berechnung)
 - Modelltests
 - allfällige grobe Fehler (interaktiv) lokalisieren
- Abschliessen einer Bearbeitungsphase

Es sind auch andere Aufteilungen denkbar; so könnte die Lagerung in die a priori Berechnung einbezogen werden.

Es wäre wünschbar, verschiedenartig gegliederte Programme einander gegenüberzustellen und miteinander zu vergleichen. Wieweit es sich danach aufdrängte, den Ablauf zu vereinheitlichen, bleibt abzuwarten.

3.3 Eingaben und Resultate von Arbeitsschritten

Der grosse Vorteil der interaktiven Arbeitsweise besteht darin, dass Entscheidungen erst aufgrund von Zwischenresultaten getroffen werden müssen und sich so die Berechnung während ihres Ablaufes beeinflussen lässt. Für jeden Arbeitsschritt ist festzulegen, welche Daten zu seiner Ausführung notwendig sind. Entweder werden diese Daten von vorangehenden Arbeitsschritten geliefert oder sie müssen vom Benutzer eingegeben werden. Ferner liefert jeder Arbeitsschritt Ergebnisse, die an anschliessende Arbeitsschritte weitergegeben werden müssen oder dem Benutzer als Information vermittelt werden. Welche Zwischenergebnisse bilden Grundlagen für spätere Entscheide des Benützers?

Als Beispiel diene der Arbeitsschritt "Darstellen der mittleren Fehlerellipsen". Der Benutzer muss angeben, in welchem Massstab er die Ellipsen dargestellt haben will, welche relativen mittleren Fehlerellipsen er wünscht, usw. Von der vorangehenden Inversion der Normalgleichungs-

matrix müssen die entsprechenden q_{xx} , q_{xy} und q_{yy} vorhanden sein. Auszuführen sind Zeichnungen der Fehlerellipsen.

Entscheidungsgrundlagen sollten möglichst unmittelbar vor der zu treffenden Entscheidung in konzentrierter Form dargestellt werden. Der Benutzer darf nicht mit Angaben überschüttet werden, aus denen er Mühe hat, das wesentliche herauszulesen. Oft lässt es sich nicht vermeiden, dass der Benutzer Entscheidungen treffen muss, bevor er die dazu nötigen Informationen besitzt. Ein sehr einfaches Beispiel: Um den Massstab der Fehlerellipsen festzulegen, müsste er deren maximale Grösse kennen. Soll das System diese berechnen oder soll der Benutzer sie beim ersten Durchgang einfach schätzen? Gerade in diesen Fällen bewährt sich die interaktive Behandlung, indem man sich in weiteren Arbeitsschritten die notwendigen Anhaltspunkte verschafft und auf fragliche Entscheide zurückkommt.

3.4 Reihenfolge der Arbeitsschritte

Typisch für interaktive Programme ist, dass die Reihenfolge, in der die Arbeitsschritte auszuführen sind, nicht zum voraus festgelegt ist. Dem Benutzer soll die Möglichkeit gegeben werden, den Ablauf weitgehend seinem konkreten Problem anzupassen. Dazu benötigt er ein Befehlsrepertoire, das ihm erlaubt, den nächsten auszuführenden Arbeitsschritt zu bezeichnen und zu starten. Zum Ablauf gehört dann allenfalls, dass das Modell vom Benutzer bestimmte Eingaben verlangt und dass dieser entsprechende Informationen liefert.

Weil aber die einzelnen Arbeitsschritte meist nicht nur vom Benutzer einzugebende Daten benötigen, sondern auch Angaben, die in vorangehenden Arbeitsschritten zu errechnen sind, ergeben sich für die Reihenfolge, in der die Arbeitsschritte auszuführen sind, Abhängigkeiten. Beispiel: Fehlerellipsen können nicht gezeichnet werden, wenn nicht vorher die Normalgleichungsmatrix gebildet und invertiert wurde.

Am primitivsten wären diese Anforderungen zu erfüllen, wenn man dem Benutzer ein Handbuch gäbe, das für jeden Arbeitsschritt Angaben enthielte, mit welchem Code er zu starten sei, und welche andern Arbeiten vorher erledigt sein müssten. Dieses Vorgehen wäre aber bestimmt nicht benutzerfreundlich! Das andere Extrem bestünde darin, den Ablauf fest vorzuschreiben und nur an bestimmten Stellen Wiederholungen zuzulassen. Dies beschränkte aber die Anpassungsfähigkeit des Programmes und führte wieder in die Nähe der Stapelverarbeitung!

Für das Programm INTRA wird ein Mittelweg gesucht. Die Arbeitsschritte wurden hierarchisch gegliedert. So sind zum Beispiel unter dem Titel "a priori Berechnung" die "Bildung der Normalgleichungsmatrix", die "Inversion der Normalgleichungsmatrix", die "Darstellung der Fehlerellipsen" und "Darstellung der Zuverlässigkeit" zusammengefasst.

Gewisse Tätigkeiten können in dieser Hierarchie an mehreren Stellen auftauchen. Beispielsweise wird die "Bildung der Normalgleichungsmatrix" auch unter "Ausgleichung der Beobachtungen" erscheinen (Abb. 1).

Diese hierarchische Gliederung der angebotenen Arbeitsschritte soll dem Benutzer einen Ueberblick über den Arbeitsablauf geben.

Hierarchische Gliederung der 'INTRA'-Arbeitsschritte

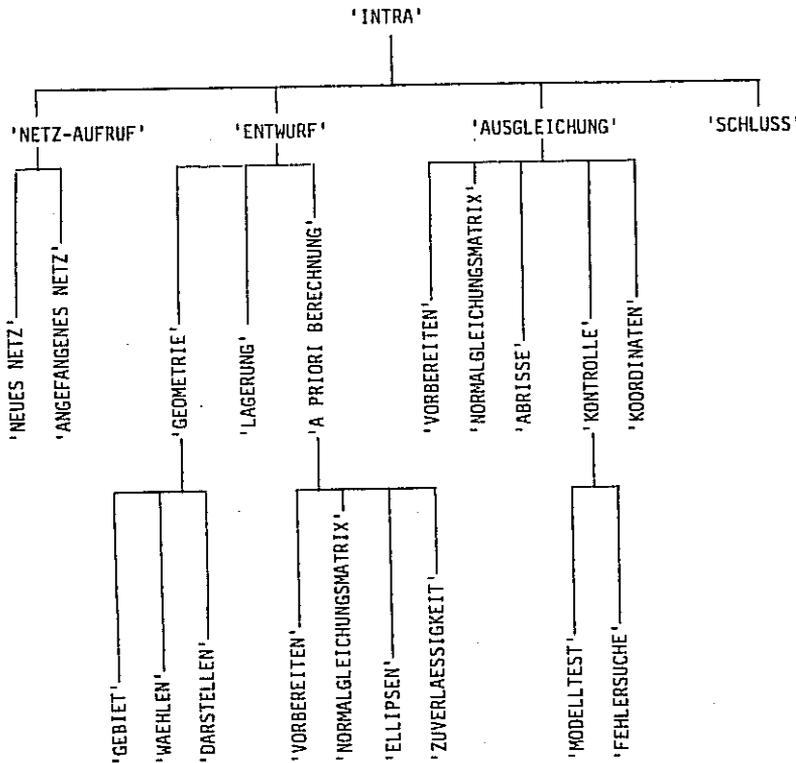


Abb. 1

Die Abhängigkeiten zwischen den Arbeitsschritten werden vom Programm kontrolliert. Dem Benutzer wird nach jedem Schritt vorgeschlagen, wie er weiter vorgehen kann. Dabei werden nur Vorschläge gemacht, die an der betreffenden Stelle aufgrund bereits durchgeführter Schritte sinnvoll, d. h. durchführbar sind.

Beispiel: Beim ersten Aufruf von 'a priori Berechnung' wird nur 'Vorbereiten der Beobachtungsgleichungen' angeboten. Nach diesem Schritt wird nur 'Bildung und Inversion der Normalgleichungsmatrix' angeboten. Anschliessend kann zwischen 'Darstellung der Fehlerellipsen' und 'Untersuchung Zuverlässigkeit' gewählt werden.

Programmintern wird dies durch eine Zustand-Übergangs-Tabelle (State-Transition-Table) gesteuert. Diese Tabelle zeigt, welche Zustände aus einem vorgegebenen Zustand über welche sinnvollen Empfehlungen erreicht werden. Daneben ist für jeden Zustand angegeben, welche Tätigkeiten sinnvoll sein können.

Grundlage dieser Tabelle bildet eine graphische Darstellung; ein Ausschnitt ist in Abb. 2 dargestellt.

Die beiden Arbeitshilfen

- hierarchische Gliederung der Arbeitsschritte (Abb. 1) und das
 - Angebot der nächsten sinnvollen Arbeitsschritte
- erlauben dem Benutzer, ohne lange Gebrauchsanleitung die Arbeit aufzunehmen. Er wird zuverlässig durch das System geführt.

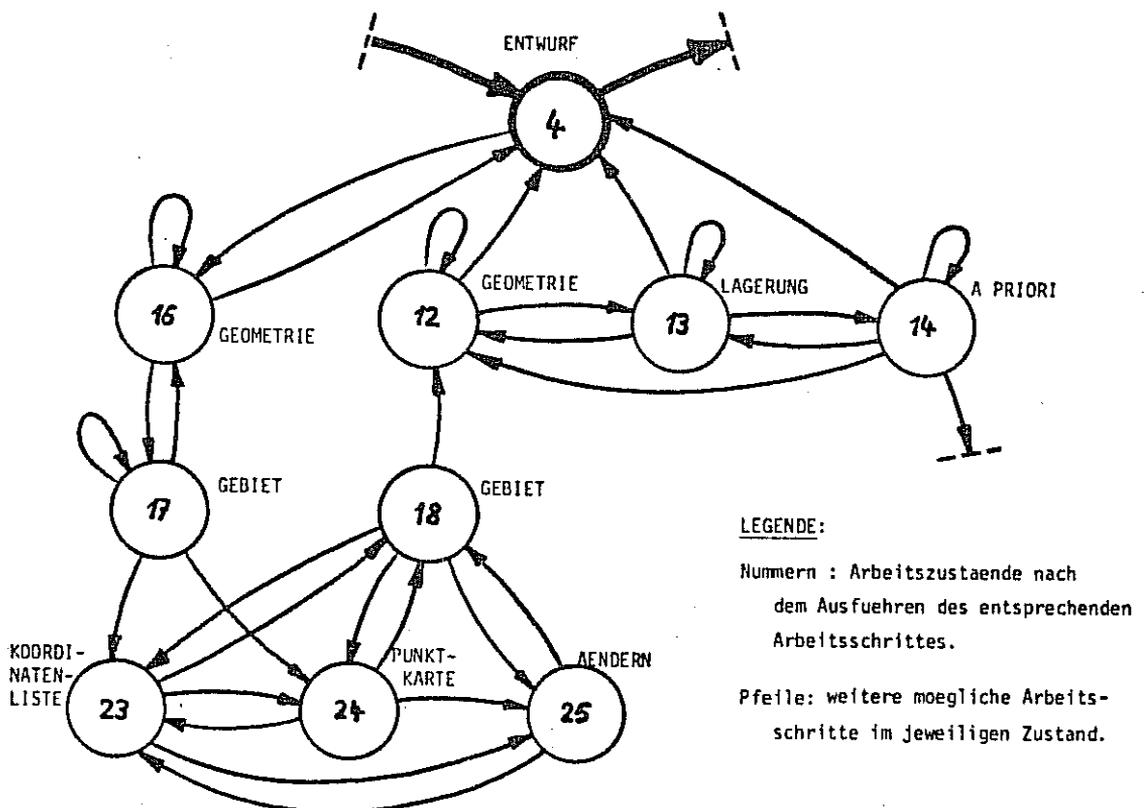


Abb. 2

Ist der Benutzer hingegen ein in alle Einzelheiten des Programms eingeweihter 'Experte', so kann er selbstverständlich auch nichtangebotene Arbeitsschritte aufrufen und ausführen lassen. Allerdings muss er dann selber kontrollieren, ob die notwendigen Voraussetzungen dafür erfüllt sind.

3.5 Unterbrechung der Arbeit

Wir dürfen nicht erwarten, dass der Benutzer seine Arbeiten an einem Triangulationsnetz in einem Arbeitsgang erledigt. Da wir den Entwurf eines Triangulationsnetzes und die Ausgleichung der Messungen im gleichen Programmsystem integriert haben, ist dies meist gar nicht möglich. Der Benutzer wird also seine Arbeit an einer beliebigen Stelle abbrechen und dort später weiterfahren wollen. Das bedingt, dass alle weiter benötigten Daten zu speichern sind. So müssen beispielsweise das Triangulationsnetz, allenfalls die Messwerte, aber auch der Stand der Arbeit mit einem notwendigen Kurzkomentar gespeichert werden.

3.6 Datenbank

Die vorübergehende, aber auch die endgültige Speicherung von Punktkoordinaten und Messwerten ist eine Aufgabe, die sich unabhängig von bestimmten Netzbearbeitungen stellt. INTRA ist in ein System für die langfristige Speicherung von Fixpunktkoordinaten, Netzverknüpfungen und Messdaten eingebettet.

Diese Aufgabe erfüllt eine Datenbank, die speziell für die Speicherung von Daten räumlicher Objekte aus dem vom Hersteller des DEC-Computers angebotenen CODASYL-Datenbanksystem abgeleitet wurde.

Diese Datenbank ist jederzeit auch ausserhalb des Einsatzes von INTRA zugänglich und sichert alle gespeicherten Daten gegen Verlust und Verfälschung.

4. Anwendungsbeispiel

Zur Veranschaulichung zeigen wir an einem stark vereinfachten Beispiel die wichtigsten Schritte beim Entwurf eines Triangulationsnetzes.

Nach dem Arbeitsschritt "Neues Netz" unter "Netz-Aufruf" (Abb. 1) hat der Benutzer "Punktkarte" aufgerufen, damit die gespeicherten Fixpunkte auf dem Bildschirm dargestellt werden (Abb. 3).

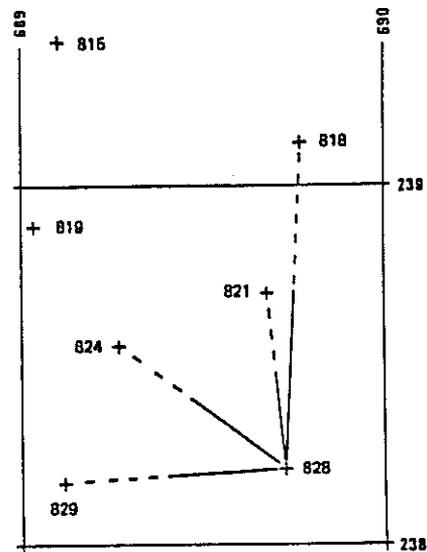
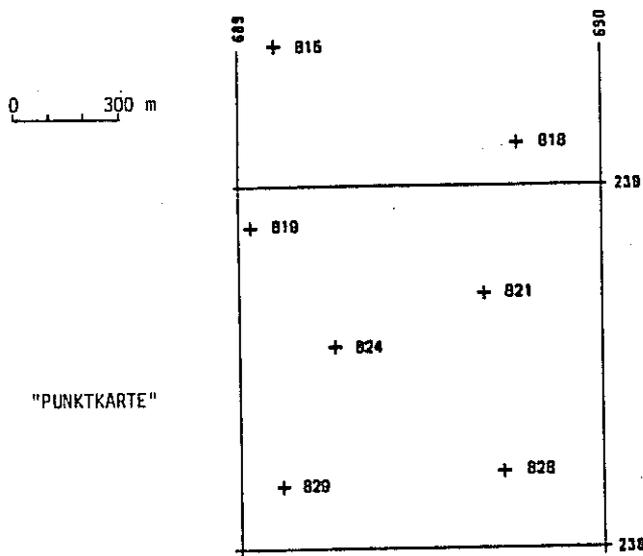


Abb. 3

Abb. 4

In einem weiteren Arbeitsschritt "Wählen" verbindet er auf dem Bildschirm Netzpunkte mit 'Messdispositionen' wie Richtungssätze und Distanzen zu einem ersten Netzentwurf (Abb. 4).

Der Zustand des Netzes wird in der Datenbank ständig nachgeführt und kann mit dem Aufruf "Darstellen" jederzeit auf den Bildschirm geholt werden (Abb. 5).

Wenn die "Lagerung" hier mit 2 Fixpunkten festgelegt ist, sind die notwendigen Voraussetzungen für eine erste Genauigkeitsbetrachtung durch "a priori Berechnung" vorhanden (Abb. 6).

Die Neupunkte sind noch nicht genügend genau bestimmt. Mit "Wählen" wird der Netzplanentwurf jetzt schrittweise korrigiert und jeweils mit "a priori Berechnung" kontrolliert, bis die Messpunkte mit möglichst kleinem Messaufwand genügend genau bestimmt sind (Abb. 7).

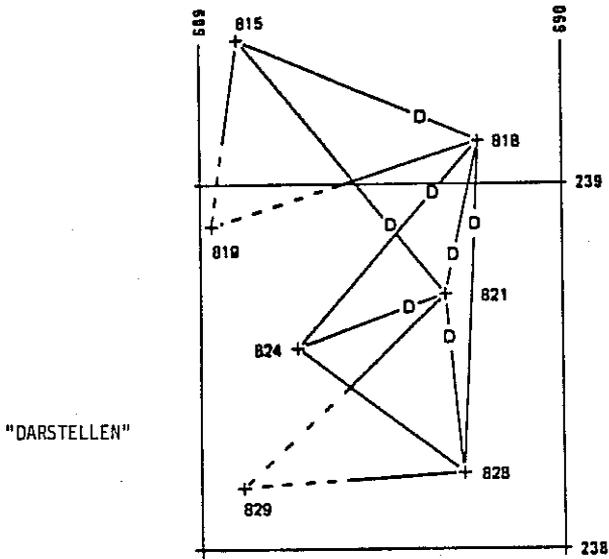


Abb. 5

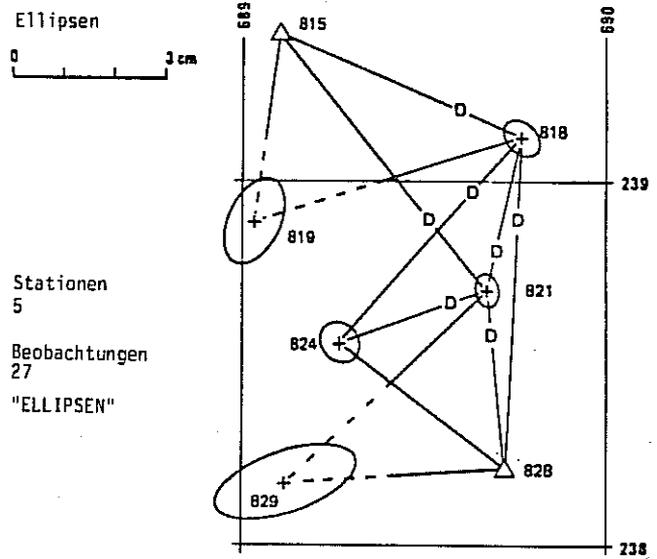


Abb. 6

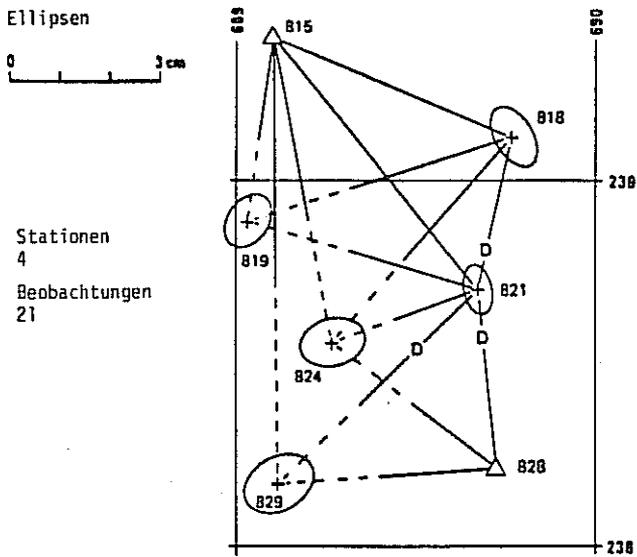


Abb. 7

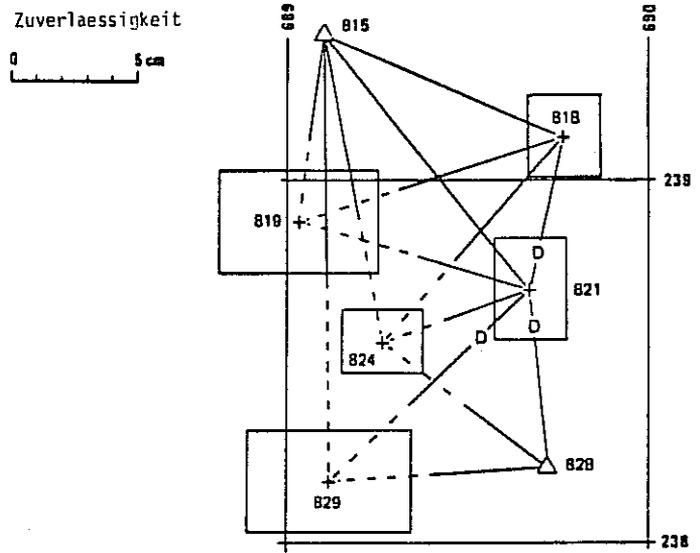


Abb. 8

Die Zuverlässigkeit wird durch Rechtecke überwacht, die die maximalen Auswirkungen unentdeckter grober Beobachtungsfehler auf die Neupunkt-kordinaten zeigen (Abb. 8).

Der Netzentwurf wird nun bei laufender Kontrolle über Fehlerellipsen, Zuverlässigkeit und Anzahl Stationen und Beobachtungen weiter verbessert, bis das Resultat befriedigt.

5. Zusammenfassung und Ausblick

INTRA soll erlauben, Triangulationsnetze derart zu bearbeiten, dass es dem Bearbeiter jederzeit möglich ist, aufgrund von Zwischenresultaten und zusätzlichen Informationen Varianten zu einem normalen Berechnungsplan einzuschalten. Im Entwurfsstadium handelt es sich insbesondere darum, den Einfluss fehlender oder zusätzlicher Netzverbindungen auf Genauigkeit und Zuverlässigkeit abzuschätzen.

In der eigentlichen Berechnungsphase steht die Beurteilung allfällig fehlerhafter Messungen oder Fixpunkte im Vordergrund.

Der Benutzer treibt die Arbeit schrittweise voran. Jede Entscheidung kann aufgrund vorliegender Zwischenergebnisse getroffen werden. Fehler können so u. U. sofort erkannt und korrigiert werden.

Der Einsatz von INTRA entlastet ferner den Benutzer von aufwendigen Tätigkeiten:

- die langfristige, geordnete Speicherung von Messungen und Ergebnissen ist gesichert,
- Ergebnisse werden übersichtlich als Tabellen und Zeichnungen dargestellt.

Der Geodät kann sich dadurch stärker auf seine fachspezifischen Aufgaben konzentrieren. Er kann aber auch komplexere mathematische Verfahren einsetzen, die bei Handrechnung undenkbar wären. Weil die Berechnungen immer weniger kosten, wird man immer mehr versuchen, durch die Untersuchung von Varianten genauere, zuverlässigere oder billigere Lösungen anzustreben.

Damit wird INTRA als Alternative zu einem 'Druckknopfmechanismus' ein leistungsfähiges, anpassungsfähiges Werkzeug des Geodäten, das neue Möglichkeiten erschliessen soll.

Literatur:

- [1] Card, S.K./ Moran T.P./ Newell, A.: The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems. Comm. ACM, Vol. 23, No. 7, July 1980, p. 396.
- [2] Frank, A.: Gestaltung interaktiver Programme; RZ-Bulletin, ETH Zürich, No. 34, April 1979, p. 6.
- [3] Frank, A./ Misslin, Ch.: INTRA - A Programme for Interactive Design and Adjustment of Geodetic Networks; Proceedings CAD 80, Brighton, March 1980, IPC Science and Technology Press, Guildford, Surrey (GB), 1980, p. 743.
- [4] Nievergelt, J./ Weydert, J.: Sites, Modes and Trails: Telling the User of an Interactive System where he is, what he can do and how to get to Placer; Institut für Informatik ETH Zürich, Bericht No. 28, Januar 1979.

Adresse der Autoren:

Prof. R. Conzett, dipl.Ing. A. Frank, dipl.Ing. C. Misslin, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich.