

**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:** 86 (1988)

**Heft:** 7: Prof. Rudolf Conzett in memoriam

**Artikel:** L'informatica nei lavori geodetici dell'Ufficio federale di topografia

**Autor:** Carosio, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-233764>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

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

## L'Informatica nei lavori geodetici dell'Ufficio federale di topografia

A. Carosio

**Das Bundesamt für Landestopographie setzt seit langem Informatikmittel in der Landesvermessung ein. In den letzten Jahren wurden viele Softwarepakete entwickelt, die erlauben, die meisten Rechenprozesse automatisch abzuwickeln. Bemerkenswert ist dabei, dass alle Module kompatibel sind und dass die Verarbeitungskette von der Messung mit den elektronischen Theodoliten bis zu den interpolierten Koordinaten und gezeichneten Plänen abläuft, ohne dass Daten manuell erfasst oder aufbereitet werden müssen.**

**Der folgende Bericht beschreibt die erreichten Ziele und würdigt das Wirken Prof. R. Conzett's für die Informatik im schweizerischen Vermessungswesen.**

*L'Office fédéral de topographie utilise depuis longtemps l'informatique pour résoudre les problèmes géodésiques. Les dix dernières années ont permis de développer le logiciel nécessaire pour exécuter automatiquement la plupart des processus de calcul. Le système est composé de modules compatibles et les données issues du théodolite électronique sont traitées jusqu'aux coordonnées interpolées et aux canveas sans saisies ou modifications manuelles.*

*La présente publication décrit les résultats atteints et veut être un témoignage de reconnaissance au Prof. R. Conzett pour son engagement en faveur des applications informatiques dans la mensuration suisse.*

### 1. Introduzione

La teoria su cui si fonda l'attività geodetica incontrava un ostacolo insormontabile nella capacità di calcolo fino alla metà del nostro secolo. Nelle applicazioni pratiche i modelli matematici conosciuti venivano inevitabilmente svuotati della loro efficacia per adattarli alle ristrettezze del calcolo manuale.

Solo lo sviluppo del calcolo elettronico che, nel corso degli anni sessanta, diviene accessibile dapprima alle università e agli istituti geografici poi a un numero sempre crescente di imprese, ha permesso di superare queste barriere secolari e modificato profondamente le tecniche di lavoro tradizionali.

### 2. Il calcolo automatico delle reti di triangolazione

La compensazione delle reti di triangolazione era predestinata a subire per prima un'evoluzione rapida. I modelli matematici tradizionali si addattavano quasi senza modifiche al calcolo elettronico permettendo finalmente soluzioni rigorose generali.

L'ufficio federale di topografia realizzò alla fine degli anni sessanta sul calcolatore del Dipartimento militare federale un pro-

gramma universale per compensare, nel sistema di proiezione e in altimetria, reti eterogenee di distanze, direzioni, angoli verticali, livellazioni ecc. Dapprima nel 1968 solo 7 punti incogniti potevano essere calcolati simultaneamente poi, senza modifiche di rilievo al modello matematico, la capacità fu costantemente aumentata fino a raggiungere il limite attuale di circa 500 punti, aumentabile in caso di necessità [Gubler 1983].

La possibilità di trattare in modo semplice qualsiasi combinazione di misure, di scegliere liberamente le incognite, di attribuire individualmente le varianze delle osservazioni, di calcolare reti nazionali o locali con precisione ordinaria o elevata ne favorirono la diffusione tra i servizi del catasto cantonali, imprese pubbliche e private.

### 3. Il sistema di programmi geodetico

Il successo di una nuova tecnologia dipende in gran parte dalla possibilità di rispettare il contesto, umano, organizzativo e finanziario esistente.

Molto opportuna è a questo scopo la suddivisione dello sviluppo in fasi successive, distinte, sfruttabili separatamente per permettere:

- di raccogliere rapidamente il frutto degli investimenti effettuati
- di facilitare la formazione del personale (passi successivi)

- di rendere comprensibile il senso e la logica delle innovazioni (motivazione)
- di acquisire subito esperienze pratiche da utilizzare nelle fasi successive
- di disporre di maggiore flessibilità nei tempi e nell'impiego del personale.

Il calcolo elettronico della compensazione delle reti di triangolazione costituiva solo la prima fase di automazione. La via al trattamento di notevoli masse di dati, provenienti da osservazioni archiviate e di nuova acquisizione, era aperta ma molti problemi attendevano ancora una soluzione.

I lavori preliminari di selezione, confronto e soprattutto la registrazione ripetuta su supporti diversi delle misure da trattare richiedevano ancora molto tempo e suggerivano la loro integrazione in un processo di elaborazione globale.

Così nel 1978, l'Ufficio federale di topografia fu dotato di un calcolatore proprio, un Prime 400, per integrare l'insieme dei calcoli geodetici nel processo automatizzato [Carosio 1978, 1979].

Questa seconda fase, nelle linee generali conclusa nel 1981, realizzava buona parte del piano di sviluppo tutt'ora in vigore [Carosio 1981].

Le idee di fondo erano le seguenti:

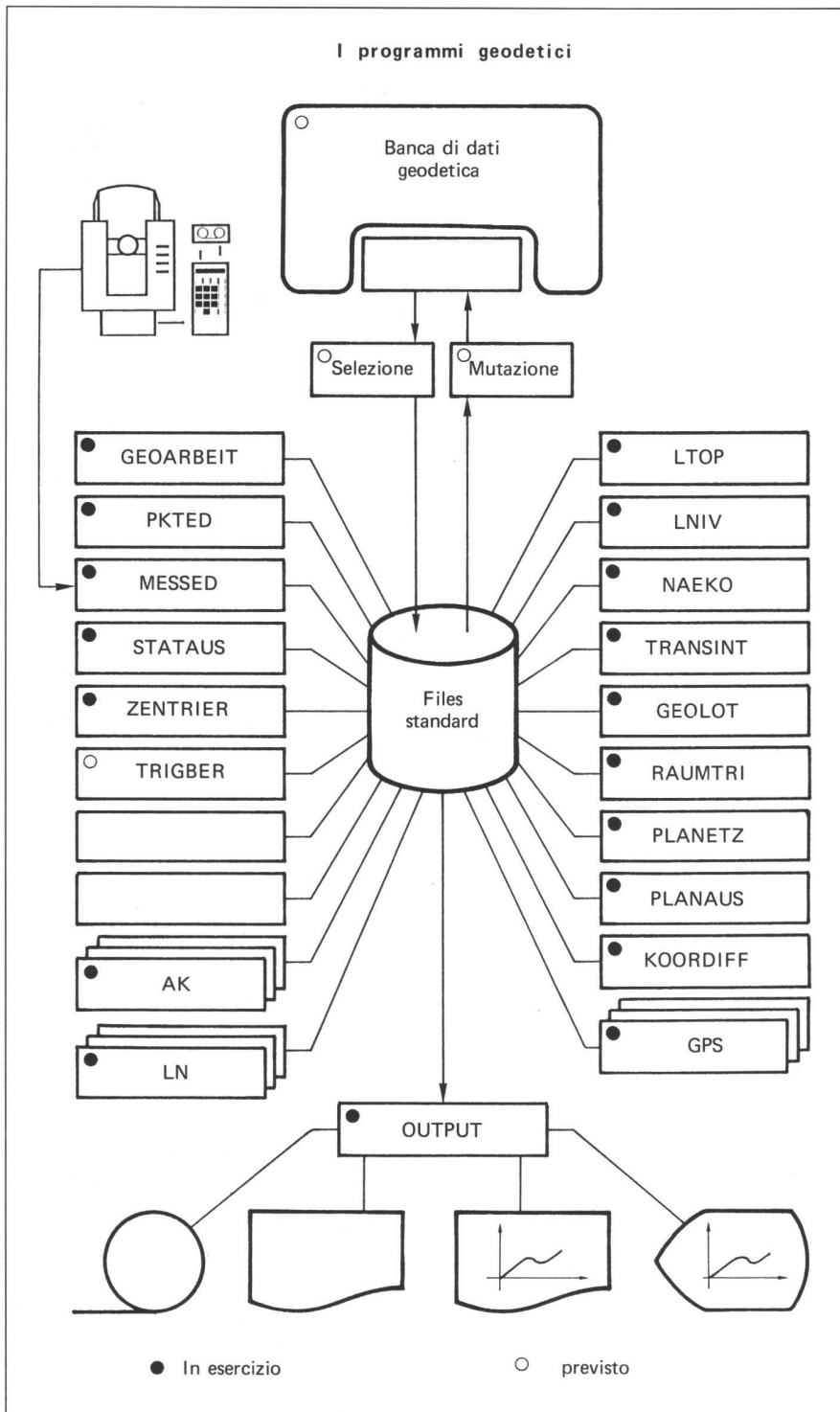
- Concezione modulare del sistema (sviluppo in fasi successive)
- Comunicazione tra i programmi mediante files sequenziali
- Normalizzazione dei dialoghi, interazione secondo modelli ergonomici moderni
- Manuali completi e aggiornati
- Archiviazione a lungo termine dei dati in una banca di dati
- Trasportabilità dei programmi (acquisizione da altre istituzioni e trasmissione a altri calcolatori).

La rinuncia ad una banca di dati con accesso diretto dai singoli programmi fu decisa nel 1980 perché le banche di dati esistenti non erano adatte alla gestione rapida di dati geodetici. L'esigenza di limitare il tempo totale di calcolo (l'accesso a una banca di dati è lento) e soprattutto l'opportunità di rendere i programmi indipendenti da un prodotto specifico (trasportabilità) scongiuravano l'uso di sistemi per la gestione dei dati presenti allora sul mercato.

I files sequenziali utilizzati per la comunicazione tra i programmi sono normalizzati (per coordinate e misure) e permettono lo scambio d'informazioni tra i moduli realizzati lasciando libero l'ordine di esecuzione.

La banca di dati per l'archiviazione a lungo termine di coordinate e misure è tuttora parte integrante del progetto ma non ha ancora potuto essere realizzata per mancanza di tempo.

Notevole cura è stata dedicata alla pre-



sentrazione dei risultati (stampati, mostrati al terminale o rappresentati graficamente), poiché l'aspetto ergonomico è determinante per garantire l'efficacia delle soluzioni proposte.

Tra i moduli realizzati si trova PKTED per l'acquisizione di coordinate mentre per l'acquisizione e la riduzione delle misure è stato sviluppato MESSED che comprende le correzioni fisiche (temperatura, pressione atmosferica ecc.) e la riduzione della quantità dei dati (combinazione delle osservazioni, medie ecc.) [Carosio 1981, 1987].

Per la riduzione al centro di osservazioni eccentriche eterogenee (direzioni, distanze, angoli verticali ecc.) è disponibile il programma ZENTRIER che in base alle coordinate di centri ed eccentrici trasforma nelle tre dimensioni le misure sui centri corrispondenti [Gerber 1987].

Chi desidera compensare l'irregolarità del geode nelle reti di triangolazione può ricorrere a GEOLOT che calcola le deviazioni della verticale sui punti desiderati in base a un modello di distribuzione delle masse. GEOLOT è un programma sviluppato al Politecnico federale di Zurigo [Gurtner 1981].

## 4. L'integrazione di nuove reti nella triangolazione esistente

Nei lavori geodetici nazionali la misura di nuove reti si conclude sempre con l'integrazione dei nuovi punti nella rete geodetica esistente.

La soluzione abituale per risolvere il problema conduce a una compensazione vincolata della nuova rete che viene allacciata ai punti esistenti. Nel calcolo i punti esistenti sono considerati esenti da errori pur sapendo che in realtà le coordinate presentano scarti di alcuni centimetri (talvolta di decimetri).

Solo se la nuova rete misurata è particolarmente omogenea le tensioni tra i punti esistenti si distribuiscono regolarmente sulle misure eseguite e conducono a coordinate ben integrate dei nuovi punti.

Nei casi ordinari le nuove reti sono eterogenee e i collegamenti irregolari per cui le tensioni tendono a concentrarsi nelle maglie più deboli creando discontinuità inaccettabili. In questi casi per ottenere buone coordinate è opportuno eseguire la compensazione senza costrizioni esterne per integrare poi la nuova rete nel sistema esistente con un procedimento adatto d'interpolazione.

Dopo aver confrontato metodi esistenti e valutato le possibilità è stato sviluppato un procedimento semplice: l'interpolazione secondo la media aritmetica che conduce a buoni risultati senza richiedere troppe analisi della geometria di rete. Il procedimento è stato automatizzato nel programma TRANSINT che è utilizzato anche da diversi servizi del catasto cantonali e da privati [Carosio 1980, 1982] e [Dupraz, Duprussel, Rapin 1984].

## 5. Il calcolatore sul terreno

Una parte dei calcoli geodetici si esegue sul terreno appena le letture sugli strumenti sono state eseguite. Tali calcoli preliminari sono essenziali per il controllo immediato della qualità del lavoro.

Con l'apparizione alla fine degli anni sessanta di calcolatori di dimensioni e prezzo limitati (si ricordi l'Olivetti Programma 101) fu subito evidente il desiderio di disporre del calcolatore anche all'esterno dell'ufficio.

Lavori sperimentali dell'Istituto di geodesia e fotogrammetria del Politecnico di Zurigo eseguiti in parte con la collaborazione del catasto della città [Carosio 1974] avevano mostrato gli evidenti vantaggi del calcolatore sul terreno.

Indispensabile apparve allora l'uso di un computer liberamente programmabile, per eseguire immediatamente i calcoli abituali (controllo dei rilevamenti, calcolo degli elementi di tracciamento, errore medio, ecc.). Considerata la molteplicità delle attività, degli strumenti e delle concezioni apparve

# Partie rédactionnelle

opportuno prevedere la programmazione praticamente su misura in base alle esigenze proprie dell'applicazione.

L'Ufficio federale di topografia sviluppò in seguito il proprio concetto di calcolatore portatile in base alle esperienze descritte.

L'ordine di priorità seguente per le singole esigenze fu rispettato nelle successive realizzazioni:

- Preso limitato, uso con ogni tempo
- Programmi geodetici su misura per il lavoro da eseguire
- Controlli immediati, segnalazione di errori
- Stampa immediata di un protocollo con tutti i dati rilevati (copia di sicurezza)
- Compressione dei dati (calcoli di medie, risultati parziali ecc.)
- Memorizzazione per i trattamenti successivi e interfaccia per il calcolatore della sede centrale.

La miniaturizzazione delle componenti elettroniche e lo sviluppo di calcolatrici portatili programmabili permise una prima realizzazione limitata ai lavori della livellazione nazionale [Gubler 1978] che soddisfaceva già buona parte delle esigenze.

In seguito (1985) approfittando del progresso generale nei calcolatori portatili si poté realizzare la seconda versione sulla base del calcolatore Epson HX-20 che permetteva oltre alla livellazione anche il trattamento di serie di direzioni e di angoli verticali (compensazione di stazione, stima della varianza ecc.). Il calcolatore è raccordabile ai teodoliti automatici (per es. Kern E2) e, concluse le misure, al calcolatore dell'Ufficio federale di topografia (Prime 9955/II) per trasferire i risultati ed eseguire i calcoli geodetici generali.

La connessione con i programmi geodetici è realizzata al livello del programma MESSED per l'acquisizione delle misure.

Il trasferimento dei dati registrati è accompagnato dalla ripetizione dei calcoli di controllo con rappresentazione dei risultati al terminale dove un ingegnere responsabile decide le correzioni e le analisi supplementari eventualmente necessarie. Tutte le misure sono così verificate prima di autorizzare i calcoli successivi.

La catena automatizzata di trattamento ha potuto essere chiusa e i dati dei rilevamenti col teodolite elettronico sono trasferiti e trattati fino alle coordinate finali senza richiedere un solo passaggio di acquisizione manuale [Schneider 1985], [Carosio 1987].

Il sistema geodetico viene costantemente aggiornato e completato con moduli relativi alle esigenze attuali come ad esempio il calcolo di reti tridimensionali [Schneider, Wunderlin 1981] o la determinazione delle coordinate mediante i satelliti del sistema GPS. I risultati raggiunti sono descritti nei due schemi fuori testo.

NOME	Funzione	Provenienza	
GEOARBEIT	Creazione di un nuovo progetto	L+T	1980
PKTED	Acquisizione di coordinate	L+T	1980
MESSED	Acquisizione di misure	L+T	1981
STATAUS	Compensazione di stazione	L+T	1986
ZENTRIER	Riduzione al centro di misure	L+T	1987
AK	Documenti della triangolazione	L+T	1986
LN	Documenti della livellazione	L+T	1988
LTOP	Compensazione di reti di triangolazione	L+T	1986
LNIV	Compensazione di reti di livellazione	L+T	1980
NAEKO	Calcolo di coordinate approssimate	UNI Stuttgart	1988
TRANSINT	Transformazione e interpolazione	L+T	1982
GEOLOT	Deviazione della verticale e geoide	ETHZ	1981
RAUMTRI	Reti tridimensionale	ETHZ e L+T	
PLANETZ	Disegno di reti geodetiche	ETHZ	1977
PLANAUS	Disegno di dettagli di reti	L+T	1985
KOORDIFF	Disegno e calcolo di sportamenti	L+T	1983
GPS	Geodesia dei satelliti	UNI Bern	1988

## I programmi geodetici dell'Ufficio federale di topografia

## 6. Strumenti d'analisi

L'interpretazione e la verifica dei risultati è divenuta una delle attività più importanti dell'ingegnere. In questa fase del lavoro si traggono le conclusioni si decide se le ipotesi del modello sono confermate si sceglie la variante definitiva.

La complessità dei modelli richiede conoscenze approfondite e l'impiego di strumenti d'analisi adeguati. La statistica matematica applicata ai problemi geodetici offre metodi oggettivi utilizzabili praticamente.

Il programma di compensazione delle reti di triangolazione è stato completato con l'introduzione di criteri d'analisi statistici in particolare per l'analisi dei residui (residui standardizzati), per l'analisi delle varianze (gruppi d'osservazioni) e per quanto riguarda l'affidabilità del modello [Gubler 1983].

Naturalmente i metodi matematici non possono sostituire il giudizio globale basato sull'esperienza dell'ingegnere esperto. L'informatica facilita anche l'uso di questi criteri di giudizio basati sull'esperienza e l'intuizione procurando rapidamente le informazioni necessarie.

Il sistema grafico basato sulle funzioni grafiche elementari Calcomp (Standard di fatto negli anni '70) fu sviluppato per offrire rapi-

damente all'ingegnere responsabile d'un calcolo geodetico rappresentazioni grafiche di facile interpretazione.

Così fu installato PLANETZ programma che disegna i piani di rete della triangolazione (planimetria e altimetria) con ellissi di errore, variazioni di coordinate ecc. [Siegerist 1977]. La rappresentazione delle reti è stata successivamente completata da PLANAUS che per i singoli punti disegna la situazione degli eccentrici con i corrispondenti collegamenti nella rete.

Per facilitare i confronti di varianti o di rilevamenti periodici (misure di deformazione) è stato sviluppato KOORDIFF programma che confronta più liste di coordinate, prepara tabelle con le variazioni (planimetria e altimetria) e disegna con colori appropriati i corrispondenti vettori differenza (applicati al punto di riferimento o sommati seguendo la poligonale) [Carosio 1983].

## 7. Il sistema d'informazione geodetico

La creazione e la manutenzione delle basi geodetiche nazionali non comprende solo attività tecniche e matematiche. La ge-

stione e l'archiviazione dei documenti (schizzi, calcoli, misure originali ecc.) richiede notevole impegno e causa costi considerevoli.

La soluzione esistente per i punti di triangolazione con schede e carte topografiche riassuntive è efficiente e non richiede con urgenza di essere sostituita completamente. L'aggiornamento delle informazioni viene eseguito a livello cantonale e una soluzione globale centralizzata sarebbe inopportuna.

L'impiego dell'informatica è apparso indicato per facilitare alcune fasi del processo di rielaborazione dei protocolli in corso da due decenni.

Le seguenti operazioni sono state automatizzate:

- l'acquisizione dei dati non grafici
- il controllo delle coordinate
- la stampa delle liste riassuntive
- la stampa dei protocolli di assicurazione (parte non grafica)
- l'incisione dell'originale per la carta dei punti.

Il sistema AK attualmente in esercizio permette anche l'aggiornamento dei dati. Tenuto però conto che i documenti originali vengono gestiti dai cantoni l'uso è limitato alla redazione dei protocolli originali [Gerber 1986].

Un sistema analog (LN) è stato realizzato per la preparazione e l'aggiornamento dei documenti della rete altrimetrica federale [Misslin 1988].

## 8. L'opera di Rudolf Conzett

Tutte le applicazioni geodetiche dell'informatica in Svizzera sono più o meno direttamente legate all'opera d'insegnante e di ricercatore svolta da Rudolf Conzett nei lunghi anni della sua attività al Politecnico di Zurigo.

Le realizzazioni dell'Ufficio federale di topografia degli scorsi decenni non fanno eccezione. Tutti gli ingegneri che hanno contribuito allo sviluppo dei progetti, delle soluzioni e dei procedimenti possedevano una solida base di conoscenze: avevano seguito la scuola di Rudolf Conzett.

Non è perciò casuale che le soluzioni siano fondate su principi rigorosi di statistica matematica e contengano modelli attuali ed efficienti (Test statistici, teoria dell'affidabilità, ecc.).

L'azione di Rudolf Conzett non si è però limitata alla formazione di diverse generazioni d'ingegneri. Fu anche diretta a creare i canali di comunicazione tra ricercatori e realizzatori. Uno sforzo costante per un compito difficile che accompagnò Rudolf Conzett durante la sua carriera.

Non è cosa da poco mettere in relazione le idee sviluppate dai giovani ricercatori di un istituto con le conoscenze di operatori esperti nell'attività produttiva. Ci riuscì senza pedersi di coraggio creando un foro di discussione e stimolando al di sopra delle divergenze d'opinione le sintesi d'idee che hanno portato i loro frutti.

L'Ufficio federale di topografia approfittò sovente della disponibilità di Rudolf Conzett partecipando alle discussioni nella Commissione d'automazione, con lo scambio di collaboratori; con il confronto d'opinioni e informazioni. I progetti portati a compimento anche se realizzati in totale indipendenza hanno le loro radici in questo dialogo.

### Bibliografia:

- [1] A. Carosio: Die freie Stationierung in der Grundbuchvermessung. VPK 1/74, S. 8–10.
- [2] A. Carosio: Der neue Computer der L+T, Bedarf und Vorgehen, Computervahl. BRZ L+T (Bulletin des Rechenzentrums der Landestopographie) Nr. 1, 1978.
- [3] A. Carosio: Das Rechenzentrum des Bundesamtes für Landestopographie. OUTPUT 9/79, S. 29–34.
- [4] A. Carosio: Das graphische System. BRZ L+T Nr. 3 (2/80).
- [5] A. Carosio: Anwendungen von Interpolationsverfahren in der Landestriangulation. VPK 10/80, S. 405–407.
- [6] A. Carosio: Das geodätische Programmsystem der Landestopographie. BRZ L+T Nr. 4 (3/81).
- [7] A. Carosio: Robuste Ähnlichkeitstransformation und Interpolation nach dem arithmetischen Mittel. VPK 6/82, S. 196–200 und BRZ L+T Nr. 5 (5/82).
- [8] A. Carosio: Ergänzungen im graphischen System. BRZ L+T Nr. 7 (3/83), S. 1–15 und 28–34.
- [9] A. Carosio: GEOARBEIT, PKTED, MESSED. BRZ L+T Nr. 12 (8/87).
- [10] H. Dupraz, R. Durussel, B. Rapin: Etude de transformations géométriques pour la mensuration cadastrale. Institut de Géodésie et Mensuration EPFL (7/1984).
- [11] U. Gerber: AK – Das Programmsystem für die Umarbeitung der Triangulations-Akten. BRZ L+T Nr. 10, Mai 1986.
- [12] U. Gerber: ZENTRIER (Zentrieren von geodätischen Beobachtungen). Zwischenbericht des Rechenzentrums. L+T Nr. 18 (Januar 1987).
- [13] E. Gubler: Datenerfassung im Feld mit programmierbaren Taschenrechnern. VPK 1/78, S. 5–7.
- [14] E. Gubler: Ausgleichung von Triangulationsnetzen. BRZ L+T Nr. 6 (Januar 1983) mit Ergänzungen bis 1988.
- [15] W. Gurtner: GEOLLOT (Berechnung von Lotabweichungen, Lotkrümmungen und Geoidhöhen). BRZ L+T Nr. 4 (3/81).
- [16] C. Misslin: Das EDV-Projekt LN für das Landesnivellement. BRZ L+Z Nr. 16 1988.
- [17] D. Schneider, N. Wunderlin: RAUMTRI. Dreidimensionale Netzausgleichung in einem geozentrischen kartesischen Koordinatensystem. IGP-Bericht Nr. 45 (2/81).
- [18] D. Schneider: Messdaten-Erfassungsprogramme für das Landesnivellement. Benutzeranleitung (3/1985).
- [19] Chr. Siegerist: Ein Plot-Programm zur Darstellung geodätischer Netze. VPK 5/77, S. 160–172.

Adresse des Verfassers:  
 Prof. Dr. A. Carosio  
 Institut für Geodäsie  
 und Photogrammetrie  
 ETH-Hönggerberg  
 CH-8093 Zürich