

Das GPS-Testnetz Turtmann : Netzanlage und Messkampagne 1985

Autor(en): **Geiger, A. / Kahle, H.-G. / Schneider, D.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **84 (1986)**

Heft 7

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-233049>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das GPS-Testnetz Turtmann: Netzanlage und Messkampagne 1985

Geiger, A., H.-G. Kahle, D. Schneider, M. Rothacher, G. Beutler, W. Gurtner

Im Zusammenhang mit der vom Europarat vor zwei Jahren etablierten Forschungsgruppe SATRAPE (Satellite Radio-Positioning in Europe, Leitung: C. Boucher, Paris) hat die Schweizerische Geodätische Kommission (SGK) eine GPS-Arbeitsgruppe eingesetzt, mit dem Ziel, die neuen geodätischen Satellitenverfahren in ihre aktuellen Forschungsvorhaben zu integrieren und einen Beitrag zu den SATRAPE-Projekten zu leisten. In einer ersten konkreten Aktion wurde daraufhin im Sommer und Herbst 1985 ein GPS-Testnetz bei Turtmann (Rhonetal, Wallis) etabliert und mit neun Geräten der drei GPS-Empfängertypen MACROMETER V-1000, SERCEL TR5S und TI 4100 vermessen. Das Netz ist für Tests von terrestrischen und satellitengestützten Vermessungsmethoden bestens geeignet. Die ersten GPS-Auswertungen zeigen für die bis zu 7 km langen Netzlinsen Übereinstimmungen mit der vorläufigen terrestrischen Lösung in der Grössenordnung von ± 7 mm. Für genaue Höhenbestimmungen mit Genauigkeiten unter ± 1 cm ist besondere Sorgfalt in der Korrektur der atmosphärischen Refraktion erforderlich.

En relation avec le groupe de recherche SATRAPE (Satellite Radiopositioning in Europe, Direction: C. Boucher, IGN, Paris) constitué par le Conseil de l'Europe il y a deux ans, la Commission Géodésique Suisse a engagé un groupe de travail GPS. Celui-ci a pour but d'intégrer les méthodes modernes de mensuration par satellites dans ses propres activités et de contribuer à des projets de SATRAPE. En un premier temps, un réseau de test a été établi au cours de l'été 1985 dans la région de Tourtemagne (vallée du Rhône, Valais) et, en automne 1985, une campagne a été organisée avec neuf récepteurs des trois types MACROMETER V-1000, SERCEL TR5S et TI 4100. Les caractéristiques du réseau sont intéressantes pour les tests des méthodes de mensuration classiques et modernes. Les premiers dépouillements des données GPS montrent une correspondance avec la solution terrestre provisoire d'environ ± 7 mm pour des côtés jusqu'à une longueur de 7 km. Afin de parvenir à une précision inférieure à 1 cm pour la détermination des altitudes, il faut prêter attention spécialement à la correction de la réfraction atmosphérique.

Warum ein GPS-Testnetz?

Die satellitengestützten Positionierungsmethoden – insbesondere das amerikanische Global Positioning System (GPS) – dürften, zusammen mit der fortschreitenden Miniaturisierung auf dem Gebiete der Elektronik, einen revolutionierenden Einfluss auf die Geodäsie ausüben. Gerade in den Bergregionen der Schweiz dürften die zu Beginn dieses Jahrhunderts vermessenen traditionellen Triangulationsnetze höherer Ordnung durch GPS-Referenzpunkte ergänzt werden. Statt die Netzpunkte auf die höchsten Bergspitzen zu legen, könnten sie in solidem Fels an zugänglichen Stellen versichert werden. Die hohen Genauigkeiten des GPS rücken kinematische Aspekte der Punktfelder ins Blickfeld der Geodäten und Geophysiker. Zum einen sind die zeitlichen Änderungen der Referenzkoordinaten in Betracht zu ziehen, zum andern liefern gerade diese Punktbewegungen interessante und wertvolle Hinweise auf die Kinematik der rezenten Krustenbewegungen.

Die modernen Satellitenvermessungsmethoden werden auch neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Ingenieurvermessung und Navigation eröffnen (Matthias, 1985). Man denkt hier z.B. an automatische Kontrollen von Absenkungen und Rutschungen oder an die Überwachung von Bauwerken, wie Staudämme. Hinzu kommen ökonomische Aspekte, z.B. bei der Fixpunktverdichtung in unübersichtlichem Gelände.

Bei allem gerechtfertigtem Optimismus muss jedoch betont werden, dass die Einsatzmöglichkeiten des GPS noch mit vielen anwendungsspezifischen Problemen behaftet sind. Insbesondere birgt die Vermessung im Gebirge stets einige Besonderheiten in sich: z.B. die Problematik der geoidischen oder ellipsoidischen Höhen (GPS liefert ellipsoidische Werte) oder die Reduktionen der Beobachtungen auf das Ellipsoid. Weitere offene Fragen sind: Wie passt das GPS-Referenzsystem in das gegenwärtige Projektionssystem der schweizerischen Landesvermessung? Welche Werte haben die Transformationsparameter? Die Höhenbestimmung wird auch bei GPS durch die atmosphärische Refraktion relativ stark beeinflusst. Hier vermag die

differentielle Positionierung, besonders bei kurzen Basislinien, den atmosphärischen Störeffekt stark zu reduzieren. Bei grossen Höhenunterschieden zwischen den Messstationen fällt jedoch der Einfluss der dazwischenliegenden Luftschicht nicht weg, so dass die Genauigkeit der Höhendifferenz durch die troposphärische Refraktion begrenzt wird. In engen Alpentälern kann die Topographie die Radio-sichtbarkeit der Satelliten einschränken, was zu einer ungünstigen, asymmetrischen Konstellation der brauchbaren Satelliten und damit zu schlechteren Ergebnissen führen kann. Auch logistische Probleme sind in Betracht zu ziehen. Transportabilität und Stromversorgung der Geräte sind kritische Punkte in der Planung von Vermessungseinsätzen im Gelände. Es lässt sich bereits jetzt erkennen, dass noch viele Probleme auf dem Gebiete des GPS ihrer Lösung harren.

Um einige der angesprochenen Probleme besser zu verstehen, hat die SGK den Aufbau eines GPS-Testnetzes vorgeschlagen und ihre GPS-Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern des Astronomischen Instituts der Universität Bern (AIUB), des Bundesamtes für Landestopographie (L+T), dem IGP der ETH Zürich und der EPF Lausanne sowie der Fa. Wild Heerbrugg AG und der Eidgenössischen Vermessungsdirektion (V+D), beauftragt, die entsprechenden Forschungsarbeiten dazu durchzuführen. Zunächst haben die L+T, das AIUB und das IGP der ETH Zürich in enger Zusammenarbeit ein Testnetz bei Turtmann im Rhonetal etabliert und eine erste Testkampagne im Oktober 1985 durchgeführt.

Warum Turtmann?

Ursprünglich wurden zwei Fragenkomplexe eingekreist:

- 1) Anwendung von GPS in Gebieten mit grossen Höhenunterschieden auf kürzeren Basislinien (kleiner als 10 Km)
- 2) Erfahrungen sammeln und Vergleiche anstellen über Genauigkeit und Einsatzmöglichkeiten verschiedener Empfängertypen.

Diese wurden durch zwei weitere Problemstellungen von längerfristigem Charakter ergänzt:

- 3) Ermöglichung späterer Vergleiche mit zukünftigen Vermessungssystemen wie Inertialsysteme, neue EDM Geräte usw.
- 4) Untersuchungen über rezente Krustenbewegungen im Rahmen des Schweizerischen Landeskomitees für das Internationale Lithosphärenprojekt (CHILP) und des Nationalen Forschungsprogramms «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» (NFP20). Während der Evaluation verschiedener Netzvorschlüsse kristallisierte sich das

Netz Turtmann als Lösung heraus. Hier sind alle Anforderungen, wie Zugänglichkeit, grosse Höhenunterschiede, terrestrisch erreichbare Genauigkeit, Dauerhaftigkeit der Versicherung, interessante Tektonik, erfüllt. Insbesondere können die Punktkoordinaten terrestrisch mit sehr hoher Genauigkeit bestimmt werden, da alle Visuren zwischen den Stationen möglich sind. Im nächsten Abschnitt werden einige Eigenschaften des Netzes zusammengestellt.

Zur Netzanlage

Im Sommer 1985 installierte die L+T das Netz und führte die ersten terrestrischen Messungen durch. Für das Testnetz wurden acht Punkte gewählt (Abb. 1+2). Die Stationen 7 und 8 definieren eine 4.2 km lange Basislinie im Talgrund mit Höhen von 620 m und 670 m. Die nördlichen drei Stationen (1,2,3) liegen zwischen 1010 m und 1530 m Höhe, während sich die restlichen Stationen (4,5,6) auf der südlichen Talflanke auf Höhen zwischen 1130 m und 1480 m befinden. Bei der Rekognoszierung des Netzes wurde darauf geachtet, dass jede Station mit jeder anderen in direkter Sichtverbindung steht. Dadurch lassen sich alle Punktkoordinaten auch mit klassischen Methoden sehr genau bestimmen.

Eine vorläufige, dreidimensionale Ausgleichung der terrestrischen Beobachtungen nach Bauersima und Schürer (1967) sowie Schneider und Wunderlin (1981) zeigt Standardabweichungen von weniger als 10 mm in Lage und Höhe, bezogen auf den Referenzpunkt 7 (Turtmann). Zur Erlangung höchster Genauigkeiten sollen noch Mehrfarben-EDM oder EDM mit Erhebung der meteorologischen Daten entlang des Messstrahls miteinbezogen werden. Zudem sind weitere Winkelmessungen, Lotabweichungsmessungen mit der Zenit-Kamera des IGP und Bestimmungen astronomischer Azimute vorgesehen. A priori Berechnungen für einen optimalen Datensatz zeigen, dass Genauigkeiten von 2 mm in der relativen Lage und 8 mm in der relativen Höhe zu erwarten sind.

Alle Punkte wurden mit Montagemöglichkeiten für spezielle Stahlpfiler der L+T versehen (Abb.3b). Die Zentrierung kann auf allen Punkten mit einer Genauigkeit unter 0.2 mm in Höhe und Lage sichergestellt werden. Mit Rücksicht auf die geodynamischen Aspekte des Netzes wurde der Punktversicherung grösste Aufmerksamkeit geschenkt. Die beiden Talpunkte 7 und 8 wurden als Punktgruppen mit mehreren betonierten Fundamenten vermarktet. Alle übrigen Stationen konnten im anstehenden Fels versichert werden. Zur Kontrolle der Vertikalbewegung wurden die Talpunkte durch Nivellements sowohl untereinander als auch mit anstehendem Fels auf den nördlichen und südlichen Talflanken verknüpft.

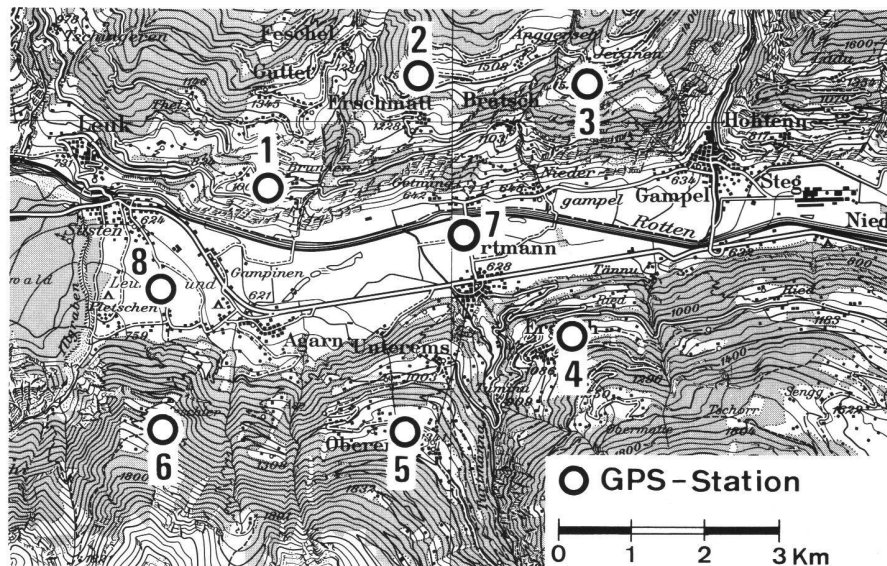


Abb. 1: Lage der Messstationen: 1 Brunnen, 2 Brätschen, 3 Jeizinen, 4 Ergisch, 5 Oberems, 6 Agarn (Dörfij), 7 Turtmann, 8 Susten
© Bundesamt für Landestopographie

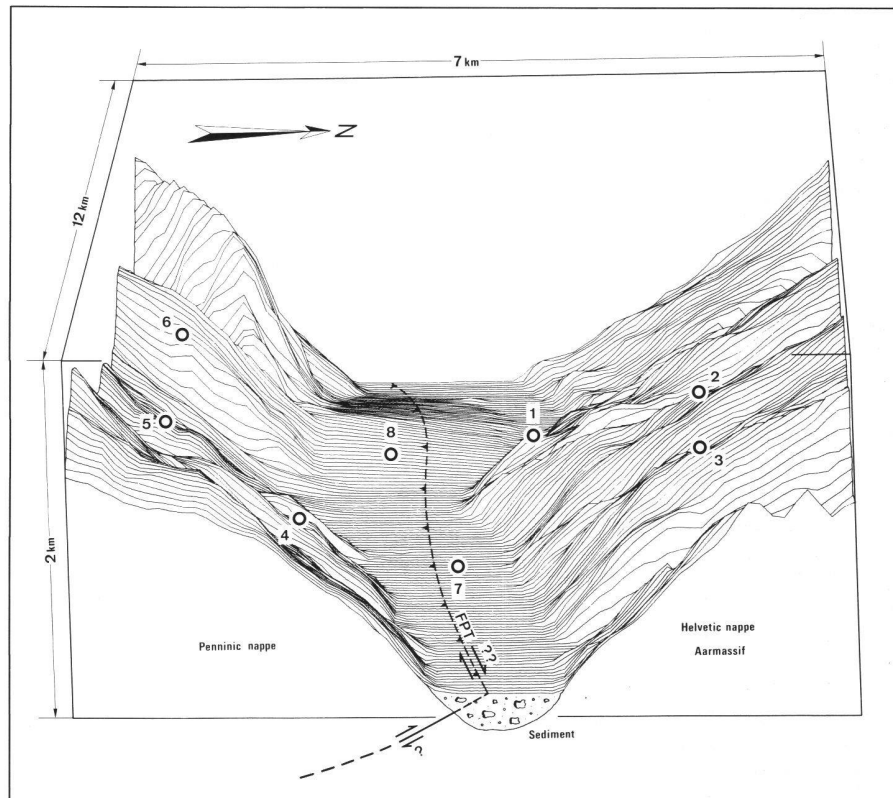


Abb. 2: Perspektivische Ansicht des Messgebietes von Osten. Schön sichtbar ist der Pfynerfächer (Schuttfächer des aus dem Illgraben ausgeschwemmten Materials)

Das Testnetz überspannt einen Abschnitt der Chur-Martigny (Rhein-Rhone)-Linie (Eckardt et al., 1983), die als nördliche Begrenzung der Kollisionszone zwischen dem Adriatischen Sporn der Afrikanischen Platte und der Europäischen Platte angesehen werden kann (Müller, St., 1984). Die nördlichen Stationen 1 und 2 befinden sich im Helvetikum und der Punkt 3 im kristallinen Aarmassiv. Diese Strukturen werden zur Europäischen Lithosphärenplatte gezählt. Die südlichen Punkte 4, 5 und 6 lie-

gen im Penninikum. Die Chur-Martigny-Linie wird in diesem Abschnitt durch eine Überschiebung (FPT: Frontal Penninic Thrust) materialisiert. Die Talpunkte 7 und 8 liegen etwa in diesem Bereich (Abb. 2). Die Region des Wallis ist für schweizerische Verhältnisse ein seismisch relativ aktives Gebiet. Zudem wurden dort maximale relative Hebungsraten (1.6 mm/y) (Gubler et al., 1981) und stark negative Schwereanomalien (-170 mgal) (Klingelé, 1980) gemessen. Es ist daher nahelie-



Abb. 3a: SERCEL TR5S-Empfänger

gend, im Turtmann-Netz rezente Krustenbewegungen erwarten zu können. Dabei dürften sich die östlichen Teile des Netzes um etwa 0.1 mm/y schneller heben als die westlichen. Den Berechnungen und Abschätzungen nach dem kinematischen Lithosphärenplattenmodell von Minster und Jordan (Minster and Jordan, 1978) zufolge, ergäbe sich eine Kompression des Testgebietes in nord-nordwestlicher Richtung (Azimut -32 Grad). Die maximale Verkürzung von 0,5 mm/y ist auf der Basislinie zwischen den Stationen 2 und 4 zu erwarten.

Die GPS-Testkampagne 1985

Für die Testkampagne standen drei SERCEL TR5S-Empfänger (Abb. 3a,b),

vier MACROMETER V-1000 (Abb.4) sowie zwei Texas Instrument TI-4100-Empfänger (Abb. 5a,b) zur Verfügung. Die SERCEL-Geräte wurden von der Firma Sercel und dem Institut Géographique National (C. Boucher, IGN, Paris) geliefert; das IGN übernahm die Betreuung der Geräte. Die TI-Empfänger wurden mit den Operateuren von der Vermessungsfirma NORTECH (Calgary, CDN) und die MACROMETER mit Operateuren von der Firma GEOSAT (Müllheim a.d.Ruhr, BRD) verpflichtet.

Die Messperioden sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

3	SERCEL TR5S	: Okt. 8.–11.85
4	MACROMETER	: Okt. 10.–11.85
2	TI 4100	: Okt. 15.–16.85



Abb. 4: MACROMETER V-1000 auf der Station 7 (Turtmann). Der Empfänger (grosse Box) ist im Wagen untergebracht. Die für die Macrometer V-1000 typische Antennengrundplatte ist deutlich zu erkennen. Die Antennenhöhen wurden nivelliert.

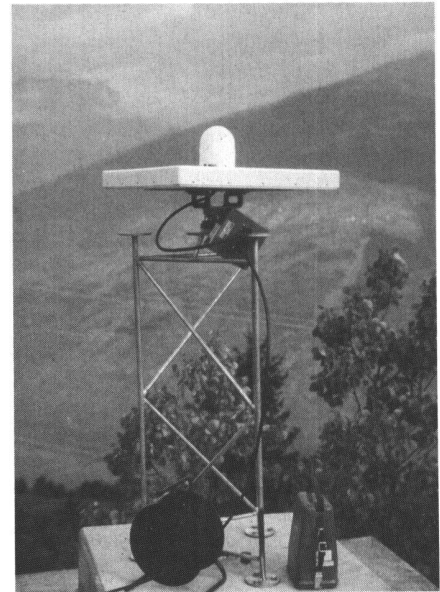


Abb. 3b: SERCEL TR5S-Antenne mit Stahlpfeiler der L+T auf der Station 5 (Oberems). Die Empfangsantenne befindet sich in der Kuppel über der Antennengrundplatte. Der Vorverstärker ist in der Box unter der Antennengrundplatte eingebaut.

Bei den SERCEL-Geräten handelt es sich um 1-Frequenzen-, C/A-Code-Empfänger. Die Phasenlage und die Pseudo-Distanz wird hier auf fünf parallelen Empfangskanälen alle 0.6 sek. ausgelesen und registriert. Im Postprocessing war daher eine Verringerung der Datenmenge durch eine sogenannte Datenkompression auf 30-Sekunden-Intervalle notwendig. Die TI-Geräte arbeiteten ebenfalls für Testzwecke mit der höchsten einstellbaren Mess- und Registrierrate von 3.0 Sekunden. Die vier Multiplex-Kanäle lieferten dabei Messungen der P-Code Pseudo-Distanz und der Phasenlagen der beiden GPS-Trägerwellen L1 (≈ 1.5 GHz) und L2 (≈ 1.2 GHz). Diese erheblichen Datenmengen (sie füllen fast drei grosse Magnetbänder) wurden für das Postprocessing ebenfalls auf zwei Messwerte pro Minute komprimiert. Die MACROMETER arbeiten nicht so datenintensiv. Die Anzahl Messepochen pro Session ist auf 60 beschränkt. Im allgemeinen wird während zwei Stunden in zwei-Minuten-Intervallen registriert. Um das ganze Beobachtungsfenster auszunutzen, wurden pro Basislinie zwei Sessionen à zwei Stunden Beobachtung angesetzt, entsprechend 120 Messungen. Anders als die anderen Geräte bestimmt das MACROMETER die Phasenlage ohne zusätzliche Code-Messungen. Als Daten fallen die Phasenmessungen an einer Trägerfrequenz L1 auf sechs parallelen Kanälen an. Die Uhrkorrekturen der TI-4100 und der TR5S-Empfänger können aus den P-Code bzw.



Abb. 5a: TI-4100-Empfänger mit dem Bedienungspanel. Im Vordergrund die Kassettenregistriereinheit.



Abb. 5b: TI-4100-Antenne auf der Station 3 (Jeizinen).

den C/A-Code-Messungen extrahiert werden. Die MACROMETER muss man dagegen extern synchronisieren. Da gegenwärtig noch keine ideale Überdeckung mit GPS-Satelliten realisiert ist, muss die Beobachtungszeit der optimalen Satellitenkonfiguration angepasst werden. Während der Herbstkampagne 85 dauerte das Beobachtungsfenster von 3.30 UT bis 8.30 UT (Abb.6). Zur Abschätzung der Satellitenabdeckung durch die Topographie

wurden die Satellitenbahnen vorgängig berechnet und in einem projizierten digitalen Geländemodell aufgetragen (Abb.7). Die Bergkulissen erheben sich kaum mehr als 20° über den Horizont. Für geodätische Zwecke werden vielfach Satellitenmessungen unterhalb 20° Bahn elevation vernachlässigt. Es war vorgesehen, alle Geräte in einer möglichst kurzen Periode auf dem Netz zu versammeln, um fast gleichzeitige Mess-

sungen zu ermöglichen. In vier Sessions beobachteten die drei SERCEL-Geräte sechs unabhängige Basislinien. Die vier MACROMETER beobachteten an zwei Tagen simultan mit den SERCEL-Empfängern. Vier Tage später beobachteten die zwei TI Empfänger während zwei Morgen vier Basislinien. Dies bedingte aber das Umsetzen eines Empfängers während des Beobachtungsfensters. Pro Basislinie standen daher etwa für zwei Stun-

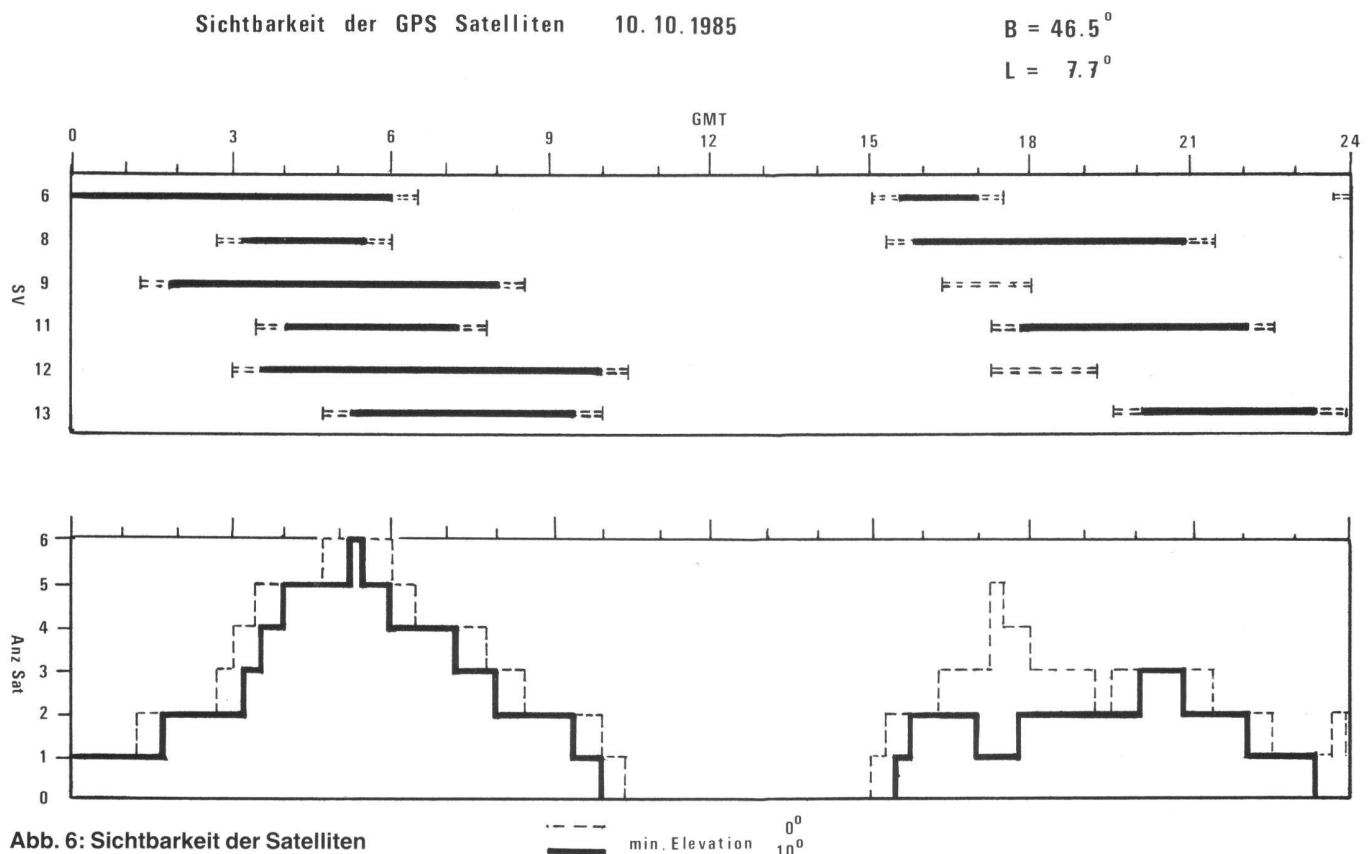


Abb. 6: Sichtbarkeit der Satelliten

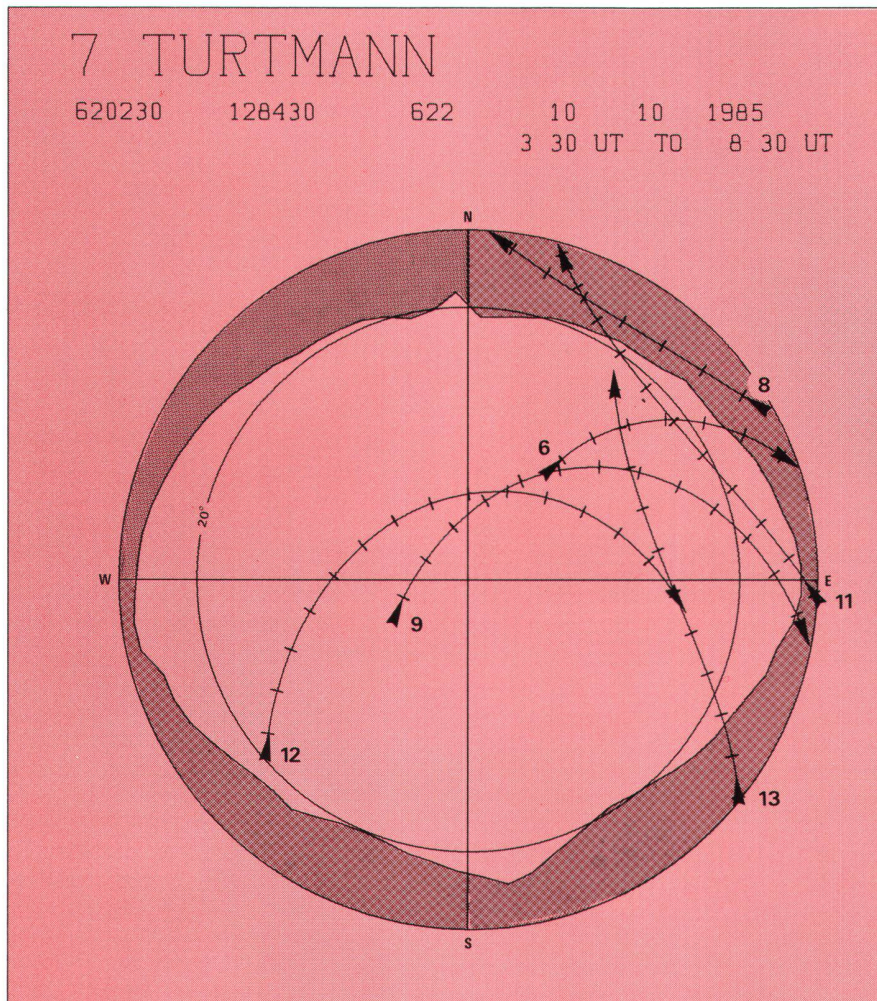


Abb. 7: Elevation-Azimuth-Plot für das Beobachtungsfenster 3:30 UT bis 8:30 UT am 10.10.1985 am Talpunkt 7 Turtmann.

Die Bahnen sind mit den entsprechenden Satellitennummern (SV) (6,8,9,11,12,13) versehen. Die Markierungen entsprechen 20 Minuten-Intervallen. Der Zenit befindet sich im Mittelpunkt der Zeichnung, der Horizont (0° Elevation) entspricht dem äusseren Kreis. Der innere Kreis gibt 20° Elevation an. Die Kulisse der Topographie ist grau hervorgehoben. Man erkennt deutlich die Ost-West Lage des Rhone-tals und das nach Süden orientierte Turtmantal. Der Einfluss der Topographie wird am Satelliten 8 deutlich. Der Satellit wird in Turtmann vollständig abgedeckt. Die entsprechenden Zeichnungen für die Punkte 4,5,6 auf der südlichen Talflanke zeigen, dass dort Satellit 8 empfangen werden kann.

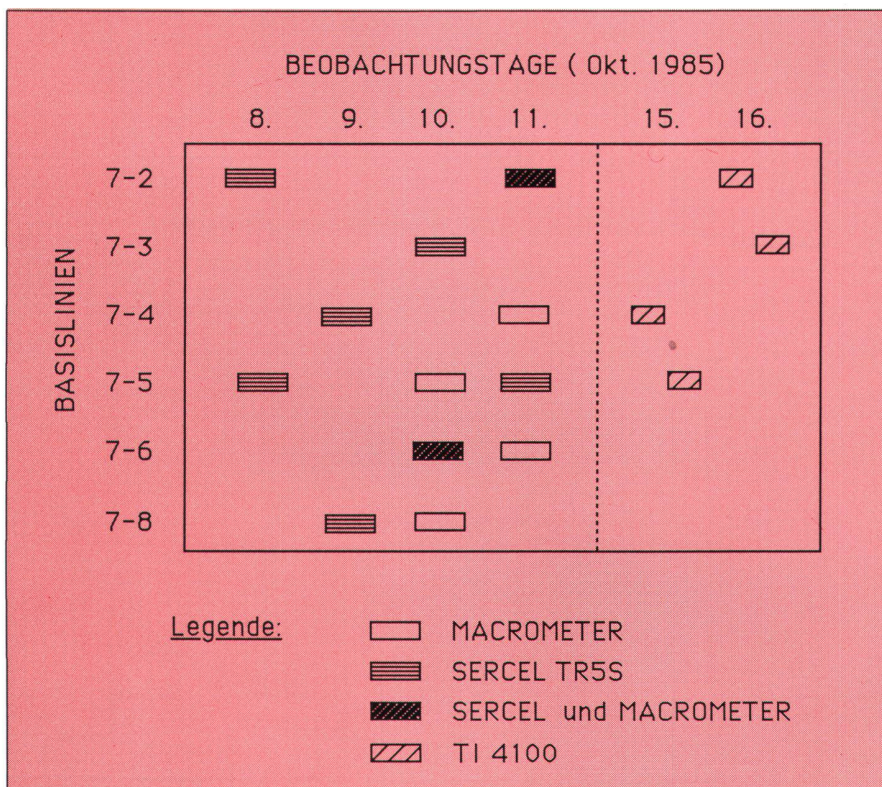


Abb. 8: Beobachtungsplan

den TI-Messungen zur Verfügung (Abb.8). Da die troposphärischen Effekte in dieser Kampagne von besonderem Interesse waren, vor allem in bezug auf die Höhenbestimmung, wurden an allen Stationen im 15-Minuten-Takt Druck, Temperatur und Feuchte der Luft aufgenommen. Um nahe Bodeninversionen zu detektieren, registrierte bei Punkt 7 zusätzlich ein automatischer Aufnehmer auf einem fünf Meter hohen Mast die Meteo-Parameter (Abb. 9). Dank der Installation einer automatischen Registriereinrichtung an der Luftseilbahn Gampel-Jeizinen, der Verbindung des Talgrundes mit dem Punkt 3, konnten im Laufe eines Beobachtungsfensters jeweils zwei vertikale Meteo-Profile (Abb.10) aufgenommen werden.

Erste Ergebnisse

Die ersten Resultate sollen lediglich andeuten, in welche Genauigkeitsklassen GPS-Lösungen vorstossen, auch wenn sie als vorläufige Ergebnisse anzusehen sind. Die Untersuchungen auf diesem Gebiet, insbesondere in der Abklärung über die Verwendbarkeit verschiedener Refraktionsmodelle, sind erst angelaufen und keinesfalls abgeschlossen. Einige Ansätze zu Modellbildungen der Refraktion



Abb. 9: Der 5 m hohe Aluminium-Teleskopmast trägt eine Druck-, Temperatur- und Feuchtigkeitssonde, die mit einer automatischen Registriereinheit verbunden ist.

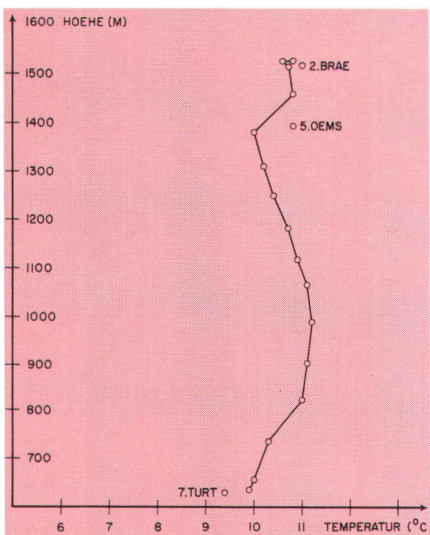


Abb. 10: Vertikales Temperaturprofil: Erfassung der Lufttemperatur entlang der Luftseilbahn Gampel – Jeizinen am 8.10.1985 von 05.59–06.08 Uhr. Im unteren Drittel des Profils ist eine deutliche Temperaturinversion erkennbar.

werden in Rothacher et al. (1986) diskutiert. Für endgültige Vergleiche mit dem terrestrischen Netz sind zudem die genauen Distanzmessungen abzuwarten. Die Daten wurden am AIUB mit der Berner GPS-Software (Gurtner et al., 1985) ausgewertet. Die mittleren Fehler an den Beobachtungen, den «single differences» je zweier Geräte, sind für alle Gerätetypen praktisch identisch. Sie betragen, unter Einbezug der vorhandenen Meteodaten, lediglich ± 5 mm. Eine kombinierte Gesamtlösung der GPS-Daten aller Geräte, lieferte, trotz den grossen Höhendifferenzen, nach einer Helmerttransformation

eine Übereinstimmung (mittlerer Fehler) mit den provisorischen terrestrischen Daten von ± 7 mm. Die weitergehenden Modellierungen und die definitiven terrestrischen Lösungen dürften eine noch bessere Übereinstimmung zeigen.

Absichten und Schluss

Die Kampagne hat gezeigt, dass das GPS für die Vermessung im alpinen Bereich einsetzbar ist. Es bleiben jedoch noch Fragen offen, die durch weitere Versuche und Tests zu beantworten sind. Offensichtlich ist das Refraktionsproblem im Zusammenhang mit sehr genauen Höhenbestimmungen im Millimeterbereich nicht zu unterschätzen. Gespannt wartet man auf neue Gerätetypen, speziell auch auf die von Wild-Magnavox entwickelten Empfänger WM-101, die im Laufe von 1986 ebenfalls im Testnetz Turtmann eingesetzt werden sollen. Zudem sind im Juni 1986 Präzisions-Distanzmessungen mit dem neuen Mekometer ME-5000 der Firma Kern, Aarau, vorgesehen. Nach Massgabe des Möglichen wird ebenfalls ins Auge gefasst. Distanzmessungen mit dem Terrameter des CERN auszuführen. Vertiefte Auswertungen der im Herbst 1985 und später erhobenen Daten werden weitere Informationen vermitteln, über die zu gegebener Zeit im Detail berichtet wird. Für die klassischen Vermessungsmethoden bietet sich hier ein interessantes Versuchsfeld an. Die definitiven Auswertungen mit den noch ausstehenden hochgenauen Distanzmessungen sind für verschiedene Vergleichszwecke von grossem Interesse. Man darf auch auf die Wiederholungsmessungen im Laufe der nächsten Jahre gespannt sein. Es wird sich dann zeigen,

wie weit die geodynamischen Modelle der messbaren Wirklichkeit entsprechen. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Landestopographie und durch einen ausserordentlichen Kredit der ETH Zürich finanziert. Weitere finanzielle Unterstützung gewährte die Geodätische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG).

Literatur:

(Abkürzung: VPK = Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik)

Bauersima, I., M. Schürer (1976): Rationelle Behandlung der dreidimensionalen Geodäsie. VPK 7/76, pp 185–188.

Eckhardt, P., H. Funk, T. Labhart, W. Fischer, E. Gubler (1983): Postglaziale Krustenbewegungen an der Rhein-Rhone-Linie, VPK 2/83, pp 43–56.

Gubler, E., H.-G. Kahle, E. Klingelé, St. Mueller, R. Olivier (1981): Recent Crustal Movements in Switzerland and Their Geophysical Interpretation. Tectonophysics, Vol. 71, pp 125–152.

Gurtner, W., G. Beutler, I. Bauersima, T. Schildknecht (1985): Evaluation of GPS Carrier Difference Observation: The Bernese Second Generation Software Package. In: Proceedings of First International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, Rockville, 1985, pp 363–372.

Klingelé, E., R. Olivier (1980): La nouvelle carte gravimétrique de la Suisse. Beitr. Geologie Schweiz, Serie Geophys. no. 20. Verlag Kümmerly & Frey, Bern.

Matthias, H. (1985): Navigation. VPK 4/85, pp 109–122.

Minster, J.B., T.H. Jordan (1978): Present-day Plate Motions. Journal of Geophysical Research, 83, pp 5331–5354.

Müller, St (1984): Dynamic Processes in the Alpine Arc. Annales Geophysicae, 2 (2), pp 161–164.

Rothacher, M., G. Beutler, W. Gurtner, A. Geiger, H.-G. Kahle, D. Schneider (1986): The 1985 Swiss GPS-Campaign. In: Proceedings of 4th International Symposium on Satellite Positioning, Austin, Texas, 1986, in press.

Schneider, D.; N. Wunderlin (1981): RAUMTRI: Dreidimensionale Netzausgleichung in einem geozentrischen kartesischen Koordinatensystem. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Bericht Nr. 45, 1981.

Adressen der Verfasser:

Dipl. Phys. A. Geiger, Prof. Dr. H.-G. Kahle, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH - 8093 Zürich
Dr. D. Schneider, Bundesamt für Landestopographie, Seftigenstrasse 264, CH - 3084 Wabern
Lic. Phil II M. Rothacher, Dr. G. Beutler, Dr. W. Gurtner, Astronomisches Institut Universität Bern, Sidlerstrasse 5, CH - 3012 Bern.