

ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES NATURELLES
SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN

PROCÈS-VERBAUX
des 144^e et 145^e séances de la
COMMISSION GÉODÉSIQUE
SUISSE

tenues à l'Office fédéral de topographie à Wabern
le 9 novembre 1990

et à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich
le 12 avril 1991

PROTOKOLL
der 144. und 145. Sitzung der
SCHWEIZERISCHEN GEODÄTISCHEN
KOMMISSION

vom 9. November 1990
im Bundesamt für Landestopographie in Wabern

und vom 12. April 1991
in der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich

OWADRUCK Oberwangen

1991

ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES NATURELLES
SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN

PROCÈS-VERBAUX

des 144^e et 145^e séances de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

tenuës à l'Office fédéral de topographie à Wabern
le 9 novembre 1990

et à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich
le 12 avril 1991

PROTOKOLL

der 144. und 145. Sitzung der

SCHWEIZERISCHEN GEODÄTISCHEN KOMMISSION

vom 9. November 1990
im Bundesamt für Landestopographie in Wabern

und vom 12. April 1991
in der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich

OWADRUCK Oberwangen

1991

Commission géodésique suisse

Membres honoraires permanents:

M. E. Huber, ancien Directeur de l' Office fédéral de topographie, Spiegel près de Berne

M. le Professeur M. Schürer, ancien Directeur de l' Institut astronomique de l' Université de Berne, Berne

Membres:

Président: M. le Professeur H.-G. Kahle, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

Vice-président: M. F. Jeanrichard, Directeur de l' Office fédéral de topographie, Wabern

Trésorier: M. E. Gubler, Office fédéral de topographie, Wabern

M. le Dr H. Aeschlimann, Aarau

M. le Professeur I. Bauersima, Institut astronomique de l' Université de Berne, Berne

M. le Professeur G. Beutler, Institut astronomique de l' Université de Berne, Berne

M. le Professeur A. Carosio, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

M. le Professeur F. Chaperon, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

M. H. Dupraz, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne

M. le Dr A. Elmiger, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

M. le Dr A. Geiger, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

M. le Dr W. Gurtner, Institut astronomique de l' Université de Berne, Berne

M. le Professeur H. Matthias, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

M. M. Mayoud, CERN-LEP / SU, Genève

M. le Professeur A. Miserez, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne

M. R. Scherrer, LEICA S. A., Heerbrugg

Secrétaire:

M. le Dr B. Bürki, Institut de géodésie et photogrammétrie de l' Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Zurich

Adresse:

Commission géodésique suisse, ETH Hönggerberg, CH-8093 Zurich

144. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission vom 9. November 1990 im Bundesamt für Landestopographie Wabern

Wissenschaftlicher Teil: 10.30 - 12.30 Uhr

Geschäftssitzung: 14.00 - 18.10 3Uhr

Anwesend: Bei den Vorträgen im wissenschaftlichen Teil 30 Zuhörer, in der Geschäftssitzung die ständigen Ehrenmitglieder Prof. Dr. M. Schürer und Dir. E. Huber, die Kommissionsmitglieder H. Aeschlimann, I. Bauersima, G. Beutler, B. Bürki, A. Carosio, F. Chaperon, H. Dupraz, A. Elmiger, A. Geiger, E. Gubler, F. Jeanrichard, H.-G. Kahle, R. Scherrer sowie PD Dr. E. Klingelé und Prof. Dr. L. Hottinger als Vertreter der SANW.

Entschuldigt: Prof. P. Walter (Zentralpräsident SANW), Prof. Dr. A. Strasser (Präs. Sekt. III), Dr. B. Sitter (Generalsekretär SANW), Prof. Dr. St. Müller (Präs. Geophysikalische Kommission, vertreten durch PD Dr. E. Klingelé), Prof. Dr. C. Schindler (Präs. Geotechnische Kommission) sowie die Kommissionsmitglieder Dr. W. Gurtner, Prof. Dr. H. Matthias und Prof. A. Miserez.

Vorsitz: Prof. Dr. H.-G. Kahle, Präsident

Protokollführung: Dr. B. Bürki, Sekretär

Herr Jeanrichard heisst die rund 30 Anwesenden im neu renovierten Sitzungszimmer des Bundesamtes für Landestopographie willkommen und bedankt sich, dass die Kommission die L+T als Sitzungsort gewählt hat. Herr Kahle bedankt sich seinerseits für das Entgegenkommen und eröffnet angesichts des recht umfangreichen Vortragsprogramms sogleich die Sitzung.

Wissenschaftlicher Teil: "GPS-Messtechnik 90: Status und Trends"**Programm:**

M. Rothacher : Arbeiten des Astronomischen Instituts, präsentiert in Ottawa (GPS' 90)

A. Wiget : Präzises GPS-Netz zur Überwachung von rezenten Krustenbewegungen in der Nordschweiz

A. Geiger: Bericht über die 1990 in Ottawa und Banff präsentierten Aktivitäten des IGP

G. Beutler: Das GPS und sein Umfeld im Jahre 1990

Vortrag von M. Rothacher: Arbeiten des Astronomischen Instituts, präsentiert in Ottawa (GPS' 90)

Herr Rothacher berichtet über folgende vier Beiträge, die von AIUB-Mitarbeitern in Ottawa präsentiert wurden:

- RINEX-Format (Werner Gurtner)¹
- Die Bedeutung der Atmosphäre in kleinen Netzen (Markus Rothacher)²
- Eigenschaften der Ionosphäre bestimmt mit GPS (Urs Wild)³
- "Rapid Static Positioning" Mit Algorithmen zum schnellen Auflösen der "Ambiguities" (Erwin Frei)⁴

Im ersten Beitrag resümiert der Referent die wichtigsten Daten in der noch jungen Geschichte des von W. Gurtner vorgeschlagenen RINEX-Formats, das 1989 anlässlich des IAG-Symposiums in Edinburgh als internationales Standardformat empfohlen wurde. Anhand einer tabellarischen Zusammenstellung zeigt er auf, welche GPS-Softwarepakete mittlerweile mit dem RINEX-Format arbeiten oder dessen Einbau zumindest geplant haben. Nach einigen Erläuterungen zu einem praktischen Beispiel nimmt Herr Rothacher Bezug auf die geplanten Neuerungen für die RINEX-Version 2. Vorgesehen sind folgende Erweiterungen:

- Unterstützung von "Rapid Static Positioning" und kinematischen GPS-Anwendungen.
- Erweiterung des Formats für GLONASS- und TRANSIT- Daten.
(GLONASS ist das russische Pendant zum amerikanischen GPS-System, TRANSIT ist das seit 1964 operationelle Satelliten- Dopplersystem der USA).
- Einbau von Flags zur Markierung spezieller Ereignisse.
- Änderung des "Wavelength factors" zur Umstellung von P- auf C/A-Code innerhalb einer Session
- Für die Navigation Messages und die Meteodaten sind keine Änderungen geplant.

Abschliessend bemerkt der Referent, dass durch das einheitliche RINEX-Format der Datenaus-

¹ Gurtner, W., Gerald L. Mader (1990): "The Rinex Format: Current Status, Future Developments". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

² Rothacher, M., G. Beutler, W. Gurtner, D. Schneider, A. Wiget, A. Geiger und H.-G. Kahle (1990): "The Role of the Atmosphere in small GPS Networks". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

³ Wild, U. G. Beutler, S. Fankhauser und W. Gurtner (1990): "Stochastic Properties of the Ionosphere Estimated from GPS Observations". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

⁴ Frei, E., und Beutler, G. (1990): "Rapid Static Positioning based on the Fast Ambiguity Resolution Approach: The Ultimate Alternative to Pseudo- Kinematic Positioning. Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

tausch wesentlich erleichtert wurde. Damit lassen sich Datensätze verschiedener Empfängertypen kombinieren, wobei keine Spezialkenntnisse bezüglich der internen Datenformate nötig sind.

Im zweiten Vortrag referiert Herr Rothacher über die Bedeutung der Atmosphäre in kleinen Netzen. Anhand des Turtmann-Netzes, das für derartige Untersuchungen infolge der hohen Genauigkeit eine sehr gute Grundlage bietet, beleuchtet er zwei Problemkreise: Ionosphärische und troposphärische Refraktion. Die Refraktion in der Ionosphäre ist stark geprägt durch die Intensität der Sonnenflecken, die zur Zeit nahe dem Maximum im 11-jährigen Zyklus ist. Die Auswertung der Turtmann-Kampagne von 1989 ergibt ohne Berücksichtigung eines Ionosphärenmodells einen Skalenfaktor von 4.3 ± 1.3 ppm, was bei einer 4-km Basislinie einem Fehler von 1.7 cm entspricht. Mit Berücksichtigung eines geeigneten Modells senkt sich der Skalenfaktor auf 0.3 ± 0.7 ppm. Der Nachteil der L3-Lösung (Ionosphärenfreie Linearkombination von L1 und L2) in kleinen Netzen zeigt sich darin, dass die Streuung der L3-Lösung ca. dreimal so gross ist wie die Streuung der L1-Lösung. Ausserdem fallen die Phasenzentrumsdifferenzen zwischen den Antennen ca. 2.5 Mal höher aus als bei der L1-Lösung. Bezüglich der troposphärischen Refraktion, die sich vor allem in der Höhe bemerkbar macht, ist man auf Schätzungen des Meteo-Einflusses angewiesen.

Auch im dritten Beitrag spielt die Ionosphäre eine wichtige Rolle. Der Referent erläutert eingangs einige vergleichende Auswertungen vom Netz Turtmann, denen unterschiedliche Auswertemodelle zugrunde gelegt wurden. Er zeigt Möglichkeiten auf, die Ionosphäre in zwei Anteile zu zerlegen: in einen deterministischen und einen stochastischen Anteil. Der deterministische Anteil besteht aus einem statischen Modell, das den totalen Elektronengehalt innerhalb einer "single layer"-Schicht als Funktion der geographischen Breite und des Stundenwinkels der Sonne beschreibt (sog. Ionosphären- Maps). Der stochastische Anteil beschreibt die stochastischen Eigenschaften der Änderungen, denen die ionosphärische Refraktion pro Minute unterliegen. Im beschreibenden Modell können dazu empirisch bestimmte Korrelationsfunktionen in Raum und Zeit verwendet werden. Die ersten Auswertungen mit dieser Methode, der neben der stochastischen Modellierung auch die Kollokation zugrunde liegt, verliefen vielversprechend. Tage mit grossen kurzperiodischen Schwankungen in der Ionosphäre bieten bei der Auswertung allerdings noch Schwierigkeiten. Für weitergehende Untersuchungen müssen daher noch grössere Datensätze untersucht und die Ionosphären-Maps mit entsprechenden Resultaten aus anderen Messmethoden verglichen werden.

Im abschliessenden, in Ottawa von E. Frei vorgetragenen Beitrag, steht die schnelle Positionierung mit GPS im Mittelpunkt: "Rapid Static Positioning". Die Methode beruht darauf, mit zwei Empfängern, von denen einer als Referenzstation dient, im Bereich von 10 bis 20 km zu vermessen. Die angestrebte Punktgenauigkeit soll unterhalb der Zentimetergrenze bleiben. Während der Referenzempfänger auf einer koordinatenmässig bekannten Station arbeitet, wird der zweite Empfänger, resp. dessen Antenne, auf den zu vermessenden Punkten aufgestellt, und

zwar nur so lange, bis die geforderte Genauigkeit gesichert ist. Bedingung zum Gelingen ist dabei, dass die Ambiguities (Mehrdeutigkeiten der Form $n \times \lambda$) ganzzahlig aufgelöst werden können. Die erreichbare Produktivität, d. h. die Anzahl der pro Zeiteinheit vermessenen Punkte, hängt davon ab, wie lange man mit der Antenne auf einem einzelnen Punkt bleiben muss, um die Ambiguities auflösen zu können. Die von Herrn Frei im Rahmen seiner Dissertation entwickelte FARA (Fast Ambiguity Resolution Approach) -Methode basiert auf der statistischen Analyse der Fehlerellipsoide, der Varianz-Kovarianzmatrizen, und darauf aufbauend, der schnellen und zuverlässigen Lösung der Ambiguities. Die Untersuchungen haben ergeben, dass mit den Daten von lediglich einer Minute Beobachtungszeit die Ambiguities aufgelöst werden können. Die erreichbare Genauigkeit für Basislinien bis zu 20 Kilometern liegt im Bereich des Zentimeters.

Vortrag von A. Wiget (L+T): Präzises GPS-Netz zur Überwachung von rezenten Krustenbewegungen in der Nordschweiz⁵

Herr Wiget berichtet über die erstmalige Errichtung und Messung eines Netzes mit satellitengeodätischen Methoden, das zur Überwachung der Erdkrustenbewegungen in der Schweiz dient:

Im Auftrag der NAGRA hat das Bundesamt für Landestopographie 1988 in der Nordschweiz ein hochpräzises GPS-Netz mit 25 Stationen (40km x 80km) zur Überwachung von regionalen rezenten Krustenbewegungen installiert. Die Messanlage wurde anhand einer Präanalyse mit simulierten Beobachtungen optimiert. Das Netz wurde dann im Oktober 1988 in zwei Kampagnen zu je 4 Tagen mit 3 Zweifrequenz- und 7 Einfrequenz-Empfängern gemessen. Die Sessionslänge betrug 4.5 Stunden zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang, während denen insgesamt sieben Satelliten beobachtet werden konnten. Bei der Auswertung der Daten wurde der Modellierung systematischer Einflüsse, wie Offsets der Antennen-Phasenzentren, Satellitenbahnen oder troposphärische und ionosphärische Refraktion, besondere Beachtung geschenkt. Die mittleren relativen Phasenzentren aller Antennen wurden in Kurzstreckentests mit einer Genauigkeit von besser als 1 mm (1 Sigma) bestimmt. Vier verschiedene Typen von Satellitenbahnen wurden verwendet und miteinander verglichen: (1) Broadcast Ephemeriden, (2) Präzise Ephemeriden der US DMA sowie eigene nachträglich bestimmte Satellitenbahnen unter Verwendung (3) der Zweifrequenzmessungen im Netz und (4) zusätzlich von kontinentalen Referenzstationen. Die troposphärische Refraktion wurde mittels Standard-Atmosphärenmodellen wie auch mit den auf den Stationen gemessenen lokalen Meteodaten modelliert. Als weitere Optionen wurden aus den GPS-Daten selber pro Session einerseits ein Troposphärenparameter pro Basislinie und andererseits ein lokales Troposphärenmodell mit linearer Höhenabhängigkeit der Zenit-Korrektur geschätzt. Für die Ionosphäre bestimmte man pro Ses-

⁵ Wiget, A., E. Gubler, D. Schneider, G. Beutler und U. Wild (1990): "High-Precision Regional Crustal Motion Network in Switzerland". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

sion aus den lokalen Zweifrequenz-Daten ein Einschicht-Modell, bei dem alle freien Elektronen auf einer infinitesimal dünnen Schicht in einer Höhe von 350 km angenommen wurden. Durch Vergleiche der zwei viertägigen Kampagnen konnte die Konsistenz der Lösungen unter Anwendung all dieser verschiedenen Modelle zur Elimination systematischer Fehler geprüft werden. Aus der Wiederholbarkeit zwischen den zwei Kampagnen werden die innere Genauigkeit des Netzes zu 4 mm in der Lage und 6 mm in der Höhe (1 Sigma) geschätzt.

Vortrag von A. Geiger: Bericht über die 1990 in Ottawa und Banff präsentierten Aktivitäten des IGP.

Herr Geiger berichtet über drei Vorträge, die in Ottawa gehalten wurden (die Vorstellung des ebenfalls in Ottawa präsentierten Projekts "ALGESTAR" war Gegenstand eines separaten Vortrags von U. Marti anlässlich der 143. Sitzung der SGK):

- Modellierung und Analyse von GPS Fehlern⁶
- Einfluss von Phasenzentrumsvariationen auf die Kombination verschiedener Antennentypen⁷.
- Vergleich heterogener, unsynchronisierter Datensätze mittels der Transformation koordinatenunabhängiger Funktionale⁸.

Der erste Beitrag entstand aufgrund einer Zusammenarbeit mit dem kanadischen Gastwissenschaftler Dr. Rock Santerre vom Département des sciences géodésiques der Université Laval in Ste. Foy, Québec, dem Astronomischen Institut der Uni Bern und dem IGP. Herr Geiger geht auf die wichtigsten darin enthaltenen Punkte ein: Bei GPS-Messungen werden a priori Netzanalysen im klassischen Sinn vorgenommen, während für die Analyse systematischer und stochastischer Fehler der eigentlichen GPS-Messungen kaum Hilfsmittel existieren. Wohl waren aufgrund anderer Satellitenmessungen (TRANSIT) und erster GPS- Ergebnisse Algorithmen zur Beschreibung der Effekte systematischer Einflüsse entwickelt worden. Einem geometrisch anschaulichen Ansatz⁹ mangelt es aber an Allgemeinheit, so ist es nicht möglich, asymmetrische Satellitenkonstellationen oder zusätzliche Schätzparameter wie Uhrverhalten, Tropo-

⁶ Santerre, R., G. Beutler und A. Geiger (1990): "GPS Error Analysis and Modelling". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

⁷ Geiger A. (1990): "Influence of Phase Center Variations on the Combination of different Antenna Types". Vortrag gehalten am Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System (GPS' 90). Ottawa, Ontario, Canada, 1990.

⁸ Geiger, A. und M. Cocard (1990): "Comparison of Heterogeneous Unsynchronised Data by Transforming Coordinate Independent Functionals". Vortrag gehalten am International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing, Banff, Alberta, Canada.

⁹ Beutler, G., Bauersima, I., Gurtner, W., Rothacher, M., Schildknecht, T., Geiger, A. (1988): "Atmospheric Refraction and Other Important Biases in GPS Carrier Phase Observations". Monograph 12, School of Surveying, University of New South Wales, Australia.

phärischer path-delay etc. in die Fehlerabschätzungen miteinzubeziehen. In einem allgemeineren analytischen Ansatz¹⁰ können alle nicht satellitenspezifischen Fehler behandelt werden. Dabei lässt sich auch der Unbekanntenvektor beliebig erweitern. Santerre (1989) hat diese Methode in seiner Dissertation¹¹ verfeinert und für diverse Beobachtungsszenarien durchgespielt. Dabei interessierten vor allem Abdeckungen sowie Troposphären- und Ionosphäreinflüsse. Allerdings war es mit dieser Methode bisher nicht möglich, den Einfluss eines Bahnfehlers eines einzelnen Satelliten zu analysieren. Ein Aspekt der Arbeit von Dr. Santerre in der Schweiz war die Erweiterung der beschriebenen Algorithmen, sodass nun auch satellitenspezifische Fragestellungen (Bahn, Ambiguities) beantwortet werden können. Von besonderem Interesse war das Verhalten der GPS-Lösung bei unbekanntem und bei fixierten Ambiguities. Es zeigt sich dabei, dass die Lagegenauigkeit kaum von der geographischen Breite des Standorts abhängt. Dagegen wird bei unbekanntem Mehrdeutigkeiten (floating ambiguities) die Ost-West Komponente am Äquator auf das Dreifache der Nord-Süd Komponente verschlechtert, während gegen die Pole hin diese Asymmetrie verschwindet. Die Höhen Genauigkeit ist in allen Fällen deutlich schlechter als die Lagegenauigkeit, und zwar um den Faktor 2 bis 4 bei Elevationen bis zu 10°. Am Äquator hingegen wird auch die Ost-West Komponente gleich ungenau wie die Höhe. Dass die Fixierung der Ambiguities nur die Lagegenauigkeit relativ zur Höhen Genauigkeit verbessert, führt zu hochgestellten, "zigarrenförmigen" Fehlerellipsoiden, die durch reale Ergebnisse bestätigt werden. Wie zu erwarten ist, hängt die Höhen Genauigkeit in der Polgend ganz wesentlich von der Elevation der Beobachtungen ab. Ein weiterer interessanter Effekt zeigt sich im Genauigkeitsverhalten in Abhängigkeit der Beobachtungsdauer. Aus der Simulation geht deutlich hervor, dass nach drei bis sechs Stunden Beobachtungszeit die Lösung mit unbekanntem Mehrdeutigkeiten gegenüber der Lösung mit fixierten Werten keine wesentliche Verbesserung erfährt. Die Genauigkeiten werden sogar vergleichbar in ihrem absoluten Wert, was bedeutet, dass bei genügenden Beobachtungen die Lösung der Ambiguities nicht mehr unbedingt erzwungen werden muss.

Der zweite Beitrag befasst sich mit einem Detailproblem, das vor allem bei hochgenauen Vermessungsaufgaben zum Tragen kommt: Die Variation des Phasenzentrums der Antennen. Der Effekt bei der Kalibration unterschiedlicher Antennentypen in einem Netz wird speziell untersucht. Durch das unterschiedliche Verhalten der diversen Phasenzentren kann sich der resultierende Fehler kumulieren. Bei der vorgestellten Analyse geht man davon aus, dass die Lage des Phasenzentrums von der Einstrahlrichtung abhängt. Damit kann für jede Konstellation der Antennenoffset berechnet werden. Berechnungen anhand von publizierten Antennencharakteristiken können Effekte im cm-Bereich zeigen.

Im dritten Teil geht Herr Geiger auf die Auswertungen und insbesondere auf die Kontroll- und

¹⁰ Geiger, A. (1987): "Einfluss richtungsabhängiger Fehler bei Satellitenmessungen". Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Bericht Nr. 130. p 140.

¹¹ Santerre R. (1989). "GPS Satellite Sky Distribution: Impact on the Propagation of some Important Errors in Precise Relative Positioning". University of New Brunswick. Technical report Nr. 145.

Vergleichsmöglichkeiten kinematisch erhobener GPS-Daten ein. Aufgrund eines am IGP durchgeführten kinematischen Tests, bei dem gleichzeitig GPS und ein Laser-Tracker eingesetzt wurden, musste ein Algorithmus entwickelt werden, der den Vergleich beider Datensätze ermöglicht. Die Schwierigkeit liegt hier darin, dass die Koordinatensysteme, auf die sich die Messsysteme beziehen, nicht identisch sind und die Messungen, was die Messrate und Synchronisation betrifft, völlig unabhängig sind. Das Problem besteht also darin, mit nicht identischen Punkten zwei Koordinatensysteme ineinander überzuführen und beide Messreihen (mit nicht identischen Punkten) zu synchronisieren. Dem Lösungsprinzip liegt dabei folgende Idee zugrunde: Beide Messreihen umschließen die gleiche geometrische Figur, daher müssen koordinatenunabhängige Größen dieser Figur in beiden Fällen koinzidieren. Als koordinatenunabhängig kann man in diesem Zusammenhang etwa Krümmungsgrößen, aus den Koordinaten abgeleitete quadratische Formen oder Distanzen bezeichnen; diese wurden bei dieser Anwendung auch verwendet. Trägt man zum Beispiel von beiden Messreihen den zeitlichen Verlauf des Abstandes von den Messpunkten zum Schwerpunkt auf, so ist die Synchronisationsunbekannte direkt durch die Korrelation beider Verläufe bestimmbar. Die Verdrehung beider Koordinatensysteme wird durch die Winkel zwischen den entsprechenden Eigenvektoren der quadratischen Formen (in diesem Fall eine Art Trägheitstensor) in den jeweiligen Koordinatensystemen gegeben. Das Verfahren wurde in den eingangs erwähnten kinematischen Tests im Rafterfeld erfolgreich angewendet. Diese ergaben Genauigkeiten im Bereich von 3 m für relative GPS-Lösungen mit C/A-Code-Beobachtungen.

Abschliessender Vortrag von G. Beutler: GPS und sein Umfeld im Jahre 1990

Der Vortragende gliedert seinen Beitrag in folgende vier Abschnitte:

- Wesentliche Ereignisse 1990
- GPS-Projekte 1991, 1992
- Das GLONASS System
- Nächste Berner Software Generation

Im ersten Abschnitt erläutert Herr Beutler den aktuellen Status des GPS-Systems, in dem mittlerweile 9 sogenannte Block 2-Satelliten aktiv sind. Diese Satelliten der neueren Generation zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie über die Möglichkeit der "Selective Availability" (SA) verfügen, die je nach Bedarf ein- oder ausgeschaltet werden kann. Dadurch kann die Genauigkeit der vom Satelliten übermittelten Bahnparameter von 5 auf rund 100 m verschlechtert werden, was sich vor allem bei Navigations-Anwendungen durch eine deutlich verschlechterte Positionsgenauigkeit bemerkbar macht. Neben den Bahnparametern kann aber auch die Genauigkeit der Satellitenuhren durch sog. "Random Walk" künstlich verschlechtert werden, was die Kombination verschiedener Empfängertypen zu einer delikaten Angelegenheit

macht. Die Suche nach Möglichkeiten, die selective Availability zu umgehen, steht daher aus naheliegenden Gründen bei vielen Anwendern im Vordergrund.

Bei der GPS'90 in Ottawa standen die Beiträge zur schnellen, sicheren und genauen Positionierung eindeutig im Vordergrund. Die mittlerweile vielerorts eingesetzte GPS-Technik wandelt sich vom Forschungsgebiet einiger Spezialisten zum "Arbeitstier" für eine äusserst vielseitige Palette von Anwendungen. Die wissenschaftlichen Kampagnen werden immer umfangreicher und aufwendiger.

In der Periode 1991 - 92 stehen zwei grosse GPS- Projekte im Vordergrund:

- First GIG '91 (GPS - IERS and Geodynamics Experiment).

Bei diesem Projekt unter der Federführung von NASA, JPL (Jet Propulsion Laboratory) und dem California Institute of Technology geht es um die Kombination einer weltweiten GPS-Kampagne für die Bestimmung von Erdrotationsparametern für den IERS mit einigen regionalen Netzwerken für geodynamische Untersuchungen, namentlich im Rahmen des CASA-DOS-Projekts im nördlichen Südamerika. Weltweit soll vom 22. Januar 91 bis 13. Februar 91 mit rund 60 und im CASA-DOS Gebiet zusätzlich mit 40 Empfängern gemessen werden. Bern fungiert bei diesem Projekt als Daten-Analyse-Zentrum.

- IAG - Experiment 1992

Dieses Projekt, für das eine Dauer von mehreren Monaten eingeplant ist, hat die Errichtung eines zivilen Bahndienstes zum Ziel. Die Dienstleistungen sollen einerseits aus Bahnen, resp. - Elementen bestehen, die bereits nach 2 Tagen erhältlich sind und eine Genauigkeit von 0.1 ppm aufweisen. Die nach 2 Wochen herauszugebenden Bahnen sollen dagegen eine Genauigkeit von 0.001 ppm aufweisen. Für die Bahndienstzentren ist ein operationeller Betrieb ab 1992 geplant.

Im Umfeld des von der Sowjetunion errichteten GLONASS-Systems, das im Prinzip dem GPS-System der USA entspricht, wurde im September 1990 in Leningrad der erste internationale GLONASS- Kongress abgehalten. Dass die russische Öffnung auch in diesem Gebiet Auswirkungen zeigt, geht aus der Tatsache hervor, dass die System-Informationen öffentlich zugänglich gemacht werden. Herr Beutler erwähnt in diesem Zusammenhang einige technische Daten des Systems:

Die Bahnneigung (Inklination) beträgt bei GLONASS 64.8° gegenüber 55° bei den Block II-Satelliten des GPS-Systems, womit sich für die Pollegenden etwas günstigere Empfangsbedingungen ergeben. Die auf drei Bahnebenen verteilten 24 Satelliten wiegen je 700 kg und ihre Umlaufzeit beträgt $11 \frac{1}{4}$ Stunden. Die Trägerfrequenzen ($L1 \approx 1.6$ GHz, $L2 \approx 1.2$ GHz) der einzelnen Satelliten sind gegeneinander um ganzzahlige Vielfache von 0.5 MHz verschoben, hingegen ist die Codeinformation identisch. Ausserdem sind die GLONASS-Satelliten mit Re-

troreflektoren bestückt, die SLR-Messungen ermöglichen. Die Genauigkeit der Absolutpositionierung soll ungefähr 100 m betragen, während man bei der Auswertung von Phasenbeobachtungen schliesslich auch auf mit GPS vergleichbare Genauigkeiten kommen sollte. Voraussetzung dazu sind allerdings genaue Bahnen.

Auf dem Hardwaresektor ist es noch nicht ganz sicher, ob die angekündigten russischen Code-Navigationsempfänger wirklich erhältlich sind, dagegen sind erste Hybrid- Empfänger, die zum Empfang der Signale beider Systeme geeignet sind, von Magnavox in den USA bereits getestet worden. Weitere Hybrid- Empfänger sind geplant, z. B. von Ashtech und vom Lenigrader Institut.

Im letzten Teil seines Vortrages gibt Herr Beutler einen Ausblick auf die nächste Generation der Berner GPS Software. In diesem Projekt, dessen Entwicklung schätzungsweise 25 bis 30 Mannjahre beanspruchen wird, stehen folgende Eigenschaften im Vordergrund:

- Die Software soll einen hohen Automatisationsgrad aufweisen
- Es sollen grosse Datenmengen verarbeitet werden können
- Die Software soll für regionalen und globalen Bahndienst geeignet sein
- Probleme des Zeittransfers sollen bearbeitet werden können
- Es sollen auch Beobachtungen zu schnellen, d. h. tieffliegenden Satelliten bearbeitet werden können
- Die Kombination von GPS- und GLONASS- Beobachtungen soll möglich sein
- Die Software soll bis etwa 1994 soweit fertig entwickelt sein.

Der zur Erreichung des Planungsziels notwendige Mitarbeiterstab soll sich aus einem Kern von 3 bis 4 Leuten vom AIUB rekrutieren, der um ca. 2 Leute aus Schweizer Quellen sowie um zwei weitere Spezialisten aus Europa (IfAG, DGFI, IGN, CNES...) ergänzt werden soll. Abschliessend erwähnt Herr Beutler, dass auch von Seiten des CERCO (Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle) entsprechende Aktivitäten signalisiert wurden. Herr Beutler plant daher einen Besuch in Brüssel, gemeinsam mit den Herren Boucher (IGN Paris) und Seeger (IfAG, Frankfurt).

Geschäftssitzung

Der Präsident eröffnet um 14.30 Uhr die Geschäftssitzung. Er begrüsst Herrn Prof. Dr. L. Hottinger, der als Delegierter des SANW-Vorstandes der Sitzung beiwohnt.

Einleitend gibt er bekannt, dass das Kommissionsmitglied PD Dr. G. Beutler zum Professor und Direktor des Astronomischen Instituts der Universität Bern gewählt wurde. Herr

Kahle freut sich, Herrn Beutler, der sein Amt per 1. April 1991 antreten wird, im Namen der Kommission gratulieren zu dürfen.

Die vorgängig verschickte Traktandenliste wird im Anschluss ohne Änderungswünsche gutgeheissen.

Traktanden:	1.	Protokoll der 143. Sitzung
	2.	Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen
	3.	Arbeitsprogramme 1991
	4.	Rechnung 1989: Revision durch SANW
	5.	Rechnung 1990: Stand der Konten
	6.	Beitragsgesuch 1992: Bereinigung
	7.	Publikationen
	8.	Arbeitsgruppe Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald
	9.	IUGG-Generalversammlung 1991 Wien
	10.	Ort und Datum der 145. Sitzung
	11.	Varia

1. Protokoll der 143. Sitzung

Wird ohne Einwände genehmigt.

2. Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen

Zu Beginn der Beiträge zu diesem Traktandum weist Herr Kahle auf die an der letzten Sitzung verteilten Projektlisten hin. Er betont, dass es sich dabei nicht um einen Versuch handelt, den Papierkrieg zu erhöhen; ein solches Verzeichnis diene vielmehr als gute Arbeitsgrundlage für vielfältige Nutzung. Er bittet daher die Kommissionsmitglieder, die Formulare auszufüllen und dem Sekretär zukommen zu lassen.

2.1 SGK - PROJEKTE

Im Vorspann zum Traktandum bittet Herr Kahle die Sitzungsteilnehmer, ausnahmsweise den Bericht zu den Arbeiten der Geophysikalischen Kommission einschieben zu dürfen, da Herr Dr. Klingelé als Vertreter von Prof. St. Müller die Sitzung frühzeitig verlassen muss. Einwände dazu werden nicht vorgetragen und Herr Klingelé berichtet daher kurz über die Arbeiten der SGPK. Er erwähnt, dass die Aktivitäten der SGPK vor allem von vier Forschungsgruppen getragen werden:

- Universität Genf (Prof. J. J. Wagner) auf dem Gebiet der Petrophysik

- Universität Lausanne (Prof. R. Olivier) auf dem Gebiet der Gravimetrie. 1990 hat diese Gruppe die gravimetrische Detailaufnahme der Westschweiz weitergeführt.
- Universität Neuenburg (Prof. G. Fischer) auf dem Gebiet der Magnetotellurometrie. Diese Gruppe hat ein Netz von AMOS (Automatic Magnetic Observation System)-Stationen aufgebaut und in Betrieb genommen.
- An der ETH Zürich (PD Dr. E. Klingelé) wurde vor allem die Gamma-Spektrometrie, die sich mit der Messung der natürlichen und künstlichen Radioaktivität aus Helikoptern befasst, weiterbearbeitet.

Herr Klingelé zeigt interessante Folien der gemessenen Radioaktivität anhand derer er aufzeigen kann, dass sich die gemessenen Werte sehr gut mit den Gesteinstypen der geologischen Formationen korrelieren lassen. Auch verschiedene Vegetationsarten zeigen Korrelationen auf, so ist z. B. zwischen Kornfeldern und Wald ein merklicher Unterschied in der Radioaktivität festzustellen.

Zu den gravimetrischen Arbeiten legt Herr Klingelé zwei farbige Karten vor, die er im Rahmen der europäischen Geotraverse (EGT) bearbeitet hat. Die in Bern bei Aerni-Leuch gedruckten Karten stellen die Bouguer-Anomalien entlang der gesamten EGT dar. Die Karten sind Bestandteil einer noch nicht abgeschlossenen Publikation.

Das zweite Gravimetrie-Projekt wurde im Rahmen eines Vertiefungsblocks der Vermessungsingenieur-Studenten im Gigerwald (bei Vättis, SG) durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen bildete die messtechnische Bestimmung der Gravitationskonstante G bei unterschiedlichen Stausee-Füllständen den Schwerpunkt.

Im weiteren erwähnt Herr Klingelé die gravimetrische Interpretation in der Umgebung des Rawyl-Passes, wo für das NFP20-Projekt ausgedehnte seismische Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Arbeiten auf dem Gebiet der Gradiometrie wurden vom ESA-Projekt ARISTOTELES bestimmt, dessen Start für 1994 oder 96 geplant ist. Ein Bericht dazu ist zur Zeit in Arbeit¹². Das zweite Projekt zu diesem Themenkreis nennt sich "Gradio" und wird von Herrn Klingelé in Zusammenarbeit mit Prof. Marson von der Universität Trieste bearbeitet. Herr Klingelé zeigt dazu einige Folien, die beeindruckende Resultate von Versuchsrechnungen mit Strukturen geringen Dichtekontrasts aufzeigen. Auch zu diesen Arbeiten ist eine Publikation in Arbeit¹³.

¹² Arnet, F., Kahle, H.-G. und E. Klingelé: Study of Geophysical Interpretation of High Resolution Field Information. Bericht Nr. 173 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, im Druck.

¹³ Klingelé, E. und Marson, E. (1991): Automatic Interpretation of Gravity Gradiometric Data in two Dimensions. Geophysical Prospecting, in press.

Nationales Forschungsprogramm 20: "Geologische Tiefenstruktur der Schweiz"

Herr Kahle führt aus, dass der Geodäsie-Teil des Projekts per 31. Oktober 1990 abgeschlossen wurde. Inhalt dieses Teilprojekts bildeten hauptsächlich vier Arbeitsgebiete:

1. Bestimmung des Dichtekontrastes an der Krusten-Mantelgrenze aufgrund astro-geodätischer und gravimetrischer Messungen¹⁴
2. Untersuchungen zu rezenten Krustenbewegungen (RCM), basierend auf den vom Bundesamt für Landestopographie (L+T) durchgeführten Wiederholungsmessungen des Präzisionsnivellements Bellinzona - Brissago.
3. Präzisionspolygonzug Visp - Zermatt, gemessen im Diplomvermessungskurs 1987¹⁵.
4. Ermittlung von Netzverzerrungen durch Vergleich von Landes- und GPS-Koordinaten aus den ALGESTAR- und GRANIT-Kampagnen.

Als Bestandteil des Geodäsie-Schlussberichts gibt Herr Kahle einen von Herrn Wirth verfassten Vorbericht¹⁶ in Zirkulation. Die definitiven Auswertungen der Trimble-GPS-Messungen Visp-Zermatt stehen noch aus, sind aber gemäss Schlussbericht noch vorgesehen. Herr Gubler bemerkt dazu, dass die L+T zur Auswertung auf die Version 3.2 der Berner Software warten wolle, um damit die sog. Low-cost Oszillatoren der GPS-Empfänger besser modellieren zu können.

GPS

Als erster Berichterstatter verweist Herr Beutler auf seinen Vortrag vom Vormittag, in dessen Verlauf er die wesentlichsten Punkte bereits erläutert hat. Er beschränkt sich daher in seinen Ausführungen auf einige Ergänzungen. Er kann vermelden, dass die Arbeiten zur Dissertation von E. Frei gut vorangekommen sind und interessante Resultate erbrachten.

Die Messungen der ROGUE-Empfänger wurden teilweise ausgewertet und zeigten Resultate, die im Rahmen der (hohen) Erwartungen liegen. Die erreichten Genauigkeiten sind sehr gut und das Gerät könnte operationell eingesetzt werden. Auch Herr Gurtner, der zur Zeit in den Vereinigten Staaten weilt, hat mit diesem Empfängertyp sowie mit den neuen Geräten von ASHTECH gearbeitet. Aufgrund seiner Erkenntnisse liessen sich auch diese Empfänger für Permanentbeobachtungen einsetzen.

Zu Beginn seines Berichts zeigt Herr Geiger anhand zweier Folien die erreichte Auslastung der

¹⁴ Wirth, B. und Marti U. (1988): Nationales Forschungsprogramm 20 (NFP20). Beitrag der Geodäsie zur Dichtebestimmung der geologischen Tiefenstruktur. Astrogeodätische Messungen. Reduktionen und Resultate. Bericht Nr. 148 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie ETH Zürich.

¹⁵ Wirth, B. (1989): Terrestrischer Präzisionspolygonzug Visp-Zermatt. Kombination mit GPS. Auswertung und Zusammenstellung der im Diplomvermessungskurs 1987 erhobenen Messungen. Bericht Nr. 159 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich.

¹⁶ Wirth, B. (1990): Lagevergleich GPS - Landeskoordinaten. Untersuchung der Verzerrungen im Landesnetz anhand der ALGESTAR- und GRANIT-Kampagnen. Interner Bericht des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie ETH Zürich.

GPS-Empfänger im Jahr 1990 und die entsprechende Planung für 1991. Bei den Projekten erläutert er als erstes den Vergleich der Auswertungen der Basislinie ETH Höngerberg - ETH Lausanne, die im Rahmen eines Satellitengeodäsie-Vertiefungsblocks über einen gewissen Zeitraum wiederholt beobachtet wurde. Anhand der abnehmenden Genauigkeit lässt sich erkennen, dass sich das Beobachtungsfenster im Laufe der Beobachtungsperiode immer mehr in den Tag hineinschob und damit der Einfluss der Ionosphäre grösser wurde. Eine weitere Fragestellung besteht in der Beantwortung der Frage, inwiefern sich für die Berechnung der Meteo-Korrekturen die Daten der ANETZ-Stationen in der Schweiz verwenden lassen. Wichtig ist dabei die Erkenntnis, dass infolge topographischer Gegebenheiten nicht alle Stationen dazu geeignet sind. Die Arbeiten zu diesem Thema sind noch nicht abgeschlossen.

Zum Projekt GPS und Photogrammetrie berichtet Herr Geiger von den Testflügen, die mit dem Flugzeug der Vermessungsdirektion im Testgebiet Uster durchgeführt wurden. Neben zwei Trimble-Empfängern wurden auch zwei ASTECH-Geräte von Barcelona eingesetzt. Obwohl diese Geräte während den Flügen einige Probleme aufwarfen, ergaben die Auswertungen Resultate, die mit den photographisch ermittelten Werten im Bereich von ca. 15 cm übereinstimmen.

Weitere wichtige Aktivitäten im laufenden Jahr waren ausserdem:

- Messungen im Rahmen des Projekts Calabrian Arc (in Zusammenarbeit mit der Universität Bologna, Bari, Neapel und dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut in München). Bei diesem Projekt geht es um die Verknüpfung der in Süditalien gelegenen Netzteile mit dem Netz der Westhellenischen Subduktionszone (West Hellenic Arc).
- Messungen in Nordwestanatolien, Türkei ("Marmara-Kampagne"). Dieses Polyprojekt mit der Bezeichnung "Tektonische Aktivität und ihre Wechselwirkungen zur Grundwasserzirkulation, Geothermik und Seismizität" wird in enger Zusammenarbeit mit Geophysikern und Geologen der ETH durchgeführt. Mit 11 WM 102-Empfängern wurden insgesamt 47 Punkte vermessen, die auf 5 lokale Netze verteilt sind.

Herr Geiger berichtet in der Folge von weiteren, eher theoretisch orientierten Arbeiten zum Themenkreis GPS:

- Bei den Untersuchungen zur Antennen-Charakteristika besteht die Schwierigkeit, dass genaue Messergebnisse von aktuell verwendeten Antennentypen kaum zu finden sind.
- Die Arbeit von Dr. R. Santerre von der Laval University, Kanada) wurde mit einer Publikation und einem Vortrag am GPS-Symposium in Ottawa abgeschlossen¹⁷.
- Auch das in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich (Prof. Nüesch), im Auftrag der DLR durchgeführte Projekt XSAR, das die Fehleranalyse von Satelliten-Radarmessungen im

¹⁷ Santerre, R., G. Beutler und A. Geiger (1990): GPS Error Analysis and Modelling. Proceedings zum internationalen Symposium "GPS'90", Ottawa, Canada.

X-Band (9.6 GHz) beinhaltet, wurde bei der DLR¹⁸ in Oberpfaffenhofen vorgetragen und dokumentiert¹⁹.

- Im Zusammenhang mit der Untersuchung zur Einsatzmöglichkeit der GPS- Methode im dynamischen Modus musste u. a. das Problem der Transformation zwischen den terrestrischen und den GPS-Koordinaten bearbeitet werden. Die Resultate dieser Arbeiten wurden ebenfalls vorgetragen und publiziert²⁰.

Über die GPS-Aktivitäten der L+T berichtet anschliessend Herr Gubler. Die Hälfte des neuen GPS - Landesnetzes LV95 (s. a. Plan im Anhang der Procès-verbaux der 142. und 143. Sitzung) ist mit den Messungen von 1989 und 90 abgeschlossen worden. Die restlichen Messungen sollen im Laufe der nächsten beiden Jahre erfolgen. Anlässlich des EUREF-Meetings in Florenz hat Herr Gubler das Projekt vorgetragen und aufgrund der Reaktionen feststellen können, dass das Projekt LV95 sehr gut mit den im Plenum diskutierten und vorgeschlagenen Lösungen für die Implementation der GPS-Technik in der Landesvermessung koinzidiert. Herr Gubler schlägt sodann vor, das Projekt LV95 nicht als SGK-Projekt, sondern als Einzelprojekt weiterzuführen.

Die von Herrn Gubler erwähnten weiteren Arbeiten der L+T erstrecken sich vor allem auf die GPS- Messung bei Stauseen und bei Tunnelprojekten:

- Beim Schifflenen-, Montsalvan- und beim Sihlsee wurden die örtlichen Kontrollnetze mit GPS in geologisch/tektonisch stabile Formationen rückversichert.
- Bei vier Tunnelprojekten erfolgte eine Überprüfung der örtlichen Grundlage-Netze mit GPS. Es sind dies die projektierten Wisenberg-, Brütten-, Bözberg- und Habsburgtunnel, wobei beim letzteren zusätzlich das Oberflächen-Netz in die Kontrolle miteinbezogen wurde.

Herr Kahle erkundigt sich bei Herrn Gubler, wann und in welcher Form die Daten der LV95-Auswertungen publiziert werden sollen. In seiner Antwort bringt Herr Gubler zum Ausdruck, dass vor Abschluss der gesamten Auswertung keine Publikation erfolgen wird, und dass nach Abschluss der Messungen möglicherweise noch eine fünfte Kampagne angehängt werden wird. Die bereits verfügbaren Daten stehen aber für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung.

Zum Thema GPS berichtet Herr Carosio, dass die im Rahmen des Diplomvermessungskurses 1990 im Gotthardgebiet erhobenen Daten noch nicht vollumfänglich ausgewertet sind, wobei der Grund u. a. darin liegt, dass das GPS-Verfahren in alpinen Gebieten durch die topographischen Verhältnisse durchaus gewisse Einschränkungen in Kauf nehmen muss.

¹⁸ DLR: Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen, Deutschland.

¹⁹ Geiger A., Cocard, M., D. Nüesch, E. Meier (1990): X-SAR Geometric Error Budget Analysis, Theoretical Background. Final Report, Contract No. 5-565-4426, German Aerospace Research Establishment, DLR-Oberpfaffenhofen.

²⁰ Geiger, A., Cocard, M. (1990): Comparison of Heterogeneous Data by Transforming Coordinate Independent Functionals. Proceedings International Symposium on Kinematic Positioning, Banff, Canada.

Die von Herrn Dupraz präsentierten Aktivitäten der ETH Lausanne waren folgende:

- Durchführung eines dreitägigen Ausbildungskurses an der EPFL²¹
- Einsatz der EPFL-Empfänger bei Messkampagnen des IGP:
 - IGP- Messkampagne "Marmara" in Nordwest- Anatolien, Türkei.
 - Messungen im Rahmen des IGP-Vertiefungsblocks (Basislinie Lausanne - Zürich)
- Operationelle Beobachtung von 60 Stationen im Raum Yverdon - Payerne (im Auftrag des Kantons Waadt)
- Messungen für die IERS-1 - Kampagne bei der Satellitenbeobachtungsstation Grasse.
- Rutschungsmessungen bei Hérémence

Herr Dupraz führt aus, dass die beiden GPS-Empfänger des Instituts mittlerweile seit zwei Jahren im Einsatz stehen. Zur Bewältigung kommender Aufgaben ist die Anschaffung zweier zusätzlicher Geräte geplant. Herr Dupraz erwähnt, dass er froh wäre, wenn das Institut wiederum auf die Unterstützung von Seiten der SGK zählen dürfte. Er betont im weiteren, dass dieser Wunsch auch für die Durchführung weiterer GPS-Messungen gilt.

Herr Kahle bedankt sich bei Herrn Dupraz für die sehr gute Zusammenarbeit im allgemeinen und für die Geräteausleihe im speziellen. Damit kann ein optimaler Einsatz der zur Verfügung stehenden Geräte erreicht werden.

Herr Chaperon, der im Rahmen des Unterrichts mit Hilfe der Trimble-Empfänger der L+T das Testnetz auf dem Hönigerberg neu vermessen hat, bedankt sich für die Zuverfügungstellung der Geräte sowie für die Unterstützung in Form eines Vortrages durch einen Mitarbeiter der L+T in Zürich.

EUREF

Herr Gubler informiert über den momentanen Stand der Arbeiten: Im Anschluss an die ursprüngliche EUREF-Grosskampagne wurde eine Anschlusskampagne durchgeführt, in deren Verlauf das Gebiet Island - Grönland - Spitzbergen bis hin nach Alaska vermessen wurde. Er fasst in der Folge die wichtigsten Ergebnisse des EUREF- Symposiums von Florenz (28. - 31. Mai 1990) kurz zusammen:

Dass die einzelnen Länder die Ergebnisse der EUREF-Kampagne möglichst schnell haben sollten, war die wohl wichtigste Erkenntnis, die sich in den Diskussionen herauskristallisierte. Es stellt sich dabei allerdings die Frage, in welcher Form diese Resultate definiert sein sollen. Man einigte sich dahingehend, dass der definitive Datensatz aus Gründen der praktischen Anwendbarkeit möglichst mit dem WGS 84-System übereinstimmen und dazu möglichst stabil bleiben

²¹ Cours sur la Méthode GPS, 26.- 28. März 1990, EPFL, Lausanne

soll. Die EUREF - Resultate werden demzufolge aus einem auf das ITRS 1989.0 bezogenen Koordinatensatz bestehen, dessen räumliche Komponenten auf wenige cm genau bekannt sind. Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass sich das Europäische Plattengefüge bewegt und die Koordinaten damit laufenden Änderungen unterworfen sind, was unter Umständen die Einführung eines dynamischen Koordinatenursprungs bedingt. Herr Gubler erwähnt ferner, dass wie geplant, im Frühjahr ein Arbeitsgruppen-Meeting in Bern vorgesehen ist.

REUN

Als Verantwortlicher und Schweizerischer Delegierter berichtet Herr Gubler über die 1990 gemessenen Strecken des Landesnivellements, die sich alle im Gebiet des westlichen Jura befinden. Für 1991 sind Messungen im Raum Delémont - Delle vorgesehen. Gemäss Herrn Gubler hat die L+T von den Schweizerischen Bundesbahnen den Auftrag erhalten, die Tunnelstrecke am Hauenstein nachzumessen. Im weiteren wäre Herr Gubler froh, vom IGP Schweremessungen im Pruntrut Zipfel erhalten zu können. Er benutzt die Gelegenheit, sich bei Herrn Kahle für die vielen Schweremessungen zu bedanken, die vom IGP seit Jahren für die L+T durchgeführt werden.

Refraktion

Dazu führt Herr Chaperon aus, dass die Erprobung der neuen Sonden noch nicht abgeschlossen ist. Für 1991 ist eventuell ein Einsatz im Rahmen des Diplomvermessungskurses im Raumnetz Naters (Wallis) vorgesehen, wobei Herr Chaperon ergänzend bemerkt, dass noch nicht feststeht, welche Geräte allenfalls zum Einsatz kommen sollen.

Alpentravese Gotthard

Herr Elmiger berichtet über die abschliessenden Auswertungen und verteilt dazu einen Arbeitsbericht (s. Anhang). Die starken Schwankungen in den Massstäben werfen die Frage auf, inwiefern sich die verschiedenen Verfahren überhaupt kombinieren lassen. Hingegen sei es interessant, dass ein Vergleich der neusten terrestrischen Messungen mit den Koordinaten ED87 (Schlusslösung aus RETrig) auf ca. 0.4 ppm und mit GPS auf ca. 0.6 ppm übereinstimmen. Abschliessend führt Herr Elmiger aus, dass bei der SGK seit nunmehr zwei Jahren für diese Arbeiten keine Kosten mehr entstanden sind.

Passnetz Gotthard

Über diese Arbeiten informiert Herr Geiger. Er zeigt anhand von Folien die 16 mit GPS neu gemessenen Stationen, deren Feldmessungen im Rahmen des Diplomvermessungskurses im Sommer durchgeführt wurden. Die Auswertungen werden zur Zeit als Diplomarbeiten in Angriff genommen. Neben GPS- wurden auch gravimetrische Messungen durchgeführt, und

zwar im Service-Stollen des Autobahntunnels (alle 250 m eine Station). Für die Abschätzung der Gesteinsdichte im Gotthardmassiv wurden die Achspunkte auch im Gelände abgesteckt und gravimetrisch vermessen. Diese im Hinblick auf die Geoidberechnung wichtigen Untersuchungen sollen im Rahmen einer Diplomarbeit ausgeführt werden.

Geoid

Als Leiter der Geoid-Arbeitsgruppe berichtet Herr Bürki von den laufenden Aktivitäten. Er nimmt Bezug auf das erste Symposium der neugegründeten IAG-Geoidkommission, das im Mai 90 am Polytechnikum in Mailand stattfand. Bei diesem Anlass hielten die Kommissionsmitglieder Bürki²² und Geiger²³ zwei Vorträge. Herr Bürki erwähnt ausserdem, dass sich anlässlich der ersten Sitzung der Arbeitsgruppe die Notwendigkeit einer Neuberechnung des Geoids in der Schweiz unter Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden Datensätze klar herauskristallisiert hat. Mittlerweile wurde daher beim Nationalfonds ein Gesuch eingereicht, um im Rahmen eines gemeinsamen Projektes des IGP mit der L+T und dem AIUB die Geoid-Neuberechnung unter Einbezug bestehender sowie noch auszuführender neuer Messungen baldmöglichst beginnen zu können.

2.2 EINZELPROJEKTE

Ausbau der Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald

Herr Bauersima bezieht sich auf den annual Report des Internationalen Earth Rotation Service (IERS), dem zu entnehmen ist, dass die Koordinaten der Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald, global gesehen, nunmehr mit einer Genauigkeit (mittlerer Fehler) von 1.5 cm bekannt sind, und die Station damit genauigkeitsmässig im ersten Drittel aller Stationen liegt, obwohl die System-Messgenauigkeit keineswegs optimal und noch verbesserungsbedürftig ist. Eine weitere Genauigkeitsverbesserung wäre u. a. durch den Microchannel Photomultiplier als Echo-Detektor möglich; ein erster Versuch in dieser Richtung hat eine Genauigkeit von 4 bis 5 cm ergeben. Die Leistungen der Station, über das ganze Jahr gesehen, liegen ungefähr im Durchschnitt der letzten Jahre. Als weiterer Schritt drängt sich nun die Umrüstung des Laserteleskops auf Tagesbeobachtungen auf. Dies bedingt allerdings einen Flugsicherungslaser oder Radar und einen aufwendigen Umbau des Laserteleskops. Dieser Punkt soll aber im Rahmen der Neuorientierung der Station besprochen werden, Herr Bauersima verweist daher auf Traktandum 8.

²² Bürki, B. (1990): The Swiss Geoid Computation: A Status Report. 1st International Geoid Commission Symposium Milano, June 11-13.

²³ Geiger, A., B. Wirth, U. Marti (1990): Regularization by Digital Topography and by Estimating Crustal Parameters from Gravity Field Data: Example of Switzerland. 1st International Geoid Commission Symposium Milano, June 11-13.

CQSSP und Fundamentalastronomie

Im Projekt CQSSP steht die Einbindung des Koordinatensystems der optisch sichtbaren Sterne in das System der Quasare im Vordergrund. Herr Bauersima führt aus, dass Herr Schildknecht, der das Projekt bearbeitet, erste Messungen mit der neuen CCD-Technologie gelungen sind. Er zeigt dazu eine Folie mit einer Aufnahme des Lageos-Satelliten, aus der die räumliche Richtung zum Satelliten mit einer Genauigkeit von ca. 0.5 Bogensekunden gewonnen werden konnte. Eine zur Zeit noch nicht gelöste Frage besteht u. a. in der Evaluation des am besten geeigneten Teleskops für die CCD-Aufnahmen. Die Arbeiten wurden an insgesamt vier Meetings präsentiert.

Herr Kahle erkundigt sich nach der Existenz optisch sichtbarer Quasare. Diese Frage kann von Herrn Bauersima in dem Sinn beantwortet werden, dass es zwar optisch sichtbare Quasare gibt, deren Magnitude ist aber sehr klein ($\sim m 18$). Die lichtschwachen Objekte sind damit nur mit sehr lichtstarken Instrumenten beobachtbar. Herr Beutler ergänzt, dass das in Zimmerwald für die operationellen SLR-Beobachtungen eingesetzte Laserteleskop u. a. aus Stabilitätsgründen total ungeeignet ist. Er betont, dass mit einem geeigneten Instrument wichtige Erkenntnisse für die Geodynamik gewonnen werden könnten.

Geodätische Datenbank

Herr Carosio erwähnt, dass der in Aussicht gestellte Projektbericht noch nicht fertiggestellt werden konnte. Zwischenzeitlich hat die Arbeitsgruppe einige Sitzungen abgehalten, daher müssen noch einige redaktionelle Änderungen bereinigt werden. Herr Carosio macht einige Angaben zur Voranalyse:

- Eine geodätische Datenbank für die Schweiz ist primär kein technisches, sondern ein finanzielles Problem.
- Infolge der zu erwartenden enorm hohen Kosten ist das ursprünglich vorgesehene Konzept nicht realisierbar.
- Für ein redimensioniertes dezentrales Informationssystem stehen die technischen Mittel zur Verfügung.

Herr Carosio verweist auf den Bericht, der eine Reihe von Empfehlungen enthält, wie bestehende Datensätze in optimaler Weise gesammelt oder erstellt werden und in das Informationssystem integriert werden können.

Mikrowellen - Wasserdampf - Radiometer

Herr Bürki berichtet über den aktuellen Stand der Arbeiten zu den beiden Radiometern. Seit Mitte 1990 arbeitet die Gruppe von Herrn Kahle mit dem Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAE) in Katlenburg-Lindau (D) zusammen. Für die umfangreichen Eich- und Kalibrations-

arbeiten konnte die Mitarbeit von Dr. S. E. Puliafito vom MPAE im Rahmen eines Poly-Industrieprojektes für die Dauer von 9 Monaten finanziert werden. Die Hard- und Softwarearbeiten sind mittlerweile soweit fortgeschritten, dass die beiden Radiometer in einer ersten Feldmeskampagne eingesetzt werden konnten. Die Messungen erfolgten im Rahmen des ERS1-Projektes in der Gegend von Venedig. Bei diesem von der ESA initiierten Projekt geht es um die Einbindung der Stationen auf der Forschungsplattform in der Lagune von Venedig (ca. 16 km von der Küste entfernt) und auf Monte Venda (vorgesehene SLR-Station) in das globale System der SLR-Stationen mittels der GPS-Messtechnik. Der erste Einsatz der Radiometer unter feldmässigen Bedingungen ergab wichtige Erkenntnisse bezüglich der Probleme, die an die Gerätschaften gestellt werden. Herr Bürki zeigt anhand einer Folie einige Ergebnisse der Messungen. Die Schrittmotor-Steuerung der Radiometer ist so programmierbar, dass die GPS-Satelliten direkt verfolgt werden können. Die Ergebnisse dieser Messungen sind schliesslich Kurven, die jeweils pro Satellit den Verlauf des gemessenen Path-delays darstellen. Eine Folie zeigt anhand eines exemplarischen Datensatzes den Path-delay zum Satelliten Nr. 2, der am 18. 10. 1990 auf der Forschungsplattform bei Venedig gemessen wurde. Im Verlauf der rund vier Stunden umfassenden Aufzeichnung fällt der Path-delay von 35 cm (Elevation 25 Grad) auf 13 cm (Elevation 65 Grad), und beim Untergang des Satelliten steigt er wiederum auf 32 cm an. Die Messungen sind, bedingt durch den Ausfall eines Schnittstellen-Umschaltgeräts (totale Zerstörung durch statische Elektrizität auf der Stahl-Plattform), leider unvollständig. Die vorliegenden Auswertungen zeigen aber sehr interessante Ergebnisse, wie das gezeigte Beispiel beweist. Herr Bürki erwähnt, dass aufgrund der gemachten Erfahrungen bereits einige Hard- und Softwareverbesserungen in Angriff genommen wurden.

Diagnoseausgleichung

Herr Gubler kann dazu keine weiteren Angaben machen, die Arbeiten sind noch im Gange.

Rezente Krustenbewegungen (RCM)

Herr Jeanrichard bezieht sich auf den anlässlich der letzten Sitzung angekündigten Bericht zu den Arbeiten im Vallée de Joux. Dieser soll im Rahmen der "Cahiers de la Société des Sciences Naturelles Neuchâtelaise" publiziert werden. Herr Jeanrichard wird den Bericht als Sonderdruck verteilen.

Zum Abschluss des Traktandums erkundigt sich Herr Kahle, ob neue Projekte in Aussicht stehen. Herr Beutler verweist auf seinen Vortrag im öffentlichen Teil und erwähnt, dass beim Nationalfonds für die Überarbeitung der Berner Software ein Gesuch eingereicht wurde.

Herr Bürki meldet sich zu Wort. Er erläutert kurz den momentanen Stand der Entwicklungen auf dem Gebiet der geodätisch-astronomischen Messtechnik. Mit der am IGP entwickelten digitalen Uhr (Time Digitizing Unit, TDU) können im Verbund mit elektronischen Theodoliten

und einem feldtauglichen Laptop-PC weitgehend automatisierte Beobachtungen durchgeführt werden, die eine sofortige Auswertung erlauben. Die Daten werden dabei sowohl vom Theodoliten wie von der TDU automatisch zum PC übertragen und ausgewertet. Der bei dieser Methode bestehende Nachteil besteht in der Tatsache, dass die Sterndurchgänge immer noch vom Beobachter selbst, mit Hilfe eines speziellen Tasters, manuell ausgelöst werden müssen. Dadurch unterliegen die Beobachtungen dem Reaktionsverhalten des Beobachters, was systematische Abweichungen bewirken kann. Herr Bürki bemerkt, dass dieses Problem mit dem Einsatz der nunmehr zur Verfügung stehenden Theodolite möglicherweise so gelöst werden könnte, dass die Aufgabe der Sterndetektion von einer CCD-Kamera übernommen und automatisiert werden könnte. Er erwähnt, dass der von der Firma LEICA AG Heerbrugg hergestellte neue Theodolit TMV3000 prinzipiell dazu geeignet wäre. Mit einem solchen (allenfalls etwas modifizierten) Theodoliten liesse sich der ganze Beobachtungsablauf automatisieren, da das Gerät neben einer CCD-Kamera auch mit Servomotoren zur Positionierung ausgerüstet ist. Herr Bürki zeigt sich überzeugt, dass die astronomisch-geodätischen Beobachtungen in Zukunft wieder an Bedeutung zunehmen werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Geoidbestimmung, die notwendig ist, um GPS-Daten mit Beobachtungen im Schwerefeld (terrestrische Messungen jeglicher Art: Triangulationen, Distanzmessungen, Nivellements) verknüpfen zu können. Herr Bürki erwähnt, dass er bei der Schulleitung ETH einen Antrag zur Beschaffung eines geeigneten Instruments (Servotheodolit mit CCD-Kamera) stellen möchte. Er erkundigt sich, ob die SGK das Projekt in diesem Sinne unterstützen würde, was ohne Gegenstimme gutgeheissen wird.

3. Arbeitsprogramme 1991

Diese Angaben sind in den Berichten zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen enthalten.

4. Rechnung 1989: Revision durch SANW

Zur Abrechnung bemerkt Herr Gubler, dass von Seiten der SANW eine um Fr. 2600.- reduzierte Rückforderung eingetroffen sei, was darauf zurückzuführen sei, dass die SANW nur denjenigen Betrag zurückfordere, der im abgelaufenen Jahr nicht ausgeschöpft werden konnte. Herr Hottinger ergänzt dazu, dass die Rückforderung von Seiten der SANW nicht dahingehend zu verstehen seien, dass über diese Gelder nicht mehr verfügt werden kann. Es handle sich lediglich um eine Formalität, solche Gelder mit einem Brief nachzufordern.

5. Rechnung 1990: Stand der Konten

Herr Gubler legt anhand einer Folie Rechenschaft über den momentanen Stand der laufenden Rechnung ab. Diese weist für das laufende Jahr eine Restanz von Fr. 4900.- aus.

Herr Bauersima meldet sich zu Wort und führt aus, dass die Kosten infolge der Teuerung und einer Realloohnerhöhung für den Elektroniker um rund 11000.- Franken höher ausfallen wer-

den als budgetiert. Herr Hottinger erwidert, dass für diese unvorhergesehenen Ausgaben ein Nachtragskredit mit entsprechender Begründung eingereicht werden könne.

Auf Vorschlag von Herrn Kahle soll die Restanz folgendermassen aufgeteilt werden: Fr. 500.- sind für die zusätzlich geleisteten Arbeiten im SGK-Sekretariat und die verbleibenden Fr. 4400.- für Publikationen einzusetzen. Die von Herrn Bauersima erwähnten Salärkosten sollen durch einen Zusatzkredit finanziert werden.

6. Beitragsgesuch 1992: Bereinigung

Herr Bauersima nimmt Bezug auf die im vorhergehenden Traktandum besprochene Aufstockung des Budgets, die in der Eingabe für 92 berücksichtigt werden soll.

7. Publikationen

Herr Kahle verweist auf die erfreulich zahlreichen Publikationen, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden. Er gibt einen kurzen Überblick über die laufenden Arbeiten der Reihe "Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz":

Band 42 (Dissertation B. Wirth): ist im Druck

Band 43 (Dissertation A. Geiger): kann demnächst in Auftrag gegeben werden.

Der erste Teil des für die Publikation des Turtmann-Netzes vorgesehenen 44. Bandes sollte voraussichtlich im Frühling 1991 in Auftrag gegeben werden können. Der zweite Teil wird auf 1992 verschoben (Herr Jeanrichard hofft, dass die Autoren ihre Manuskripte bis September abgeben können).

Im weiteren sind folgende Publikationen geplant:

Dissertation E. Frei, Dokumentation zum Projekt Alpen traverse (Autor A. Elmiger) sowie die Dokumentation des Geodäsie-Teils des Nationalen Forschungsprojekts NFP 20. Herr Kahle stellt sich als verantwortlicher Redaktor zur Verfügung.

Im Hinblick auf die im August 1991 in Wien stattfindende XX General Assembly der IUGG erwähnt Herr Kahle den anzufertigenden Bericht über die Aktivitäten der letzten vier Jahre in der Schweiz. Entsprechend dem letzten Band fallen die 5 Haupt-Kapitel in die Kompetenz der folgenden Herren:

Kapitel 1 (Positioning):	E. Gubler
Kapitel 2 (Advanced Space Technology):	I. Bauersima
Kapitel 3 (Determination of the Gravity Field):	E. Klingelé
Kapitel 4 (General Theory and Methodology):	A. Carosio
Kapitel 5 (Geodynamics):	H.-G. Kahle

Für die Gesamtedaktion des Bandes wird Herr Bürki bestimmt. Dieser erwähnt, dass für ein termingerechtes Erscheinen der Dokumentation die rechtzeitige Festlegung und Ausführung der zeitaufwendigen Grafiken besonders wichtig ist.

8. Arbeitsgruppe Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald

Herr Beutler als designierter neuer Direktor des für den Betrieb der Station Zimmerwald zuständigen Astronomischen Instituts, erläutert den momentanen Stand der Arbeiten. Er erwähnt, dass seit der letzten SGK-Sitzung weitere Gespräche und Kontaktaufnahmen stattgefunden haben, bei denen er auf grosses Interesse gestossen sei. Die Weiterführung dieser Station ist von besonderer Bedeutung für die zukünftigen Aufgaben der Landesvermessung, der Satellitengeodäsie und der Fundamentalastronomie. Durch die Einbindung der Station in die aktuelle internationale Forschung wird sie auch die wissenschaftliche Ausbildung positiv beeinflussen können. Daher sollte der grosse Aufwand zumindest teilweise vom Bund übernommen werden.

Herr Jeanrichard informiert die Anwesenden über die Bemühungen von Seiten der L+T, den Betrieb in Zimmerwald aufrecht zu erhalten. Er erwähnt, dass die L+T beabsichtige, beim EMD einen Antrag für eine zusätzliche Stelle einzureichen. Auch das Bundesamt für das Messwesen sei an einer Zusammenarbeit interessiert.

Herr Hottinger interessiert sich für die momentane Finanzierung der Station. Herr Bauersima erwidert, dass die Station primär durch den Kanton Bern und durch den Nationalfonds finanziert wird. Zusätzlich sind durch den Beitrag der SANW an die SGK die Kosten für die Anstellung eines Elektronikers und für die Beobachter gesichert. Ergänzend bemerkt er, dass durch den vorgesehenen Ausbau der Station der SANW keine zusätzlichen Kosten entstehen werden. Herr Hottinger ergänzt seinerseits, dass die SANW stets daran interessiert sei, neue Ideen zu initiieren und zu fördern, und die daraus entstehenden Strukturen nach erfolgreicher Etablierung in die Selbständigkeit zu entlassen. Herr Beutler votiert, dass genau dieser Aspekt im Vordergrund stehe und man die Gelegenheit nützen wolle, ein Podium für eine Neuorientierung der Aktivitäten zu schaffen.

Herr Beutler erklärt, dass er von der Erziehungsdirektion des Kantons Bern grünes Licht zur Aufnahme von Verhandlungen erhalten hat. Er stellt in der Folge den Antrag, zwei SGK-Arbeitsgruppen zu formieren, die innerhalb eines Jahres Vorschläge zum sinnvollen Ausbau der Station vorlegen sollen. Die erste Arbeitsgruppe soll die technischen Aspekte beleuchten und entsprechende Vorschläge ausarbeiten, während das Hauptziel der zweiten Arbeitsgruppe darin besteht, die Randbedingungen zur Konstitution einer zukünftigen Trägerschaft auszuloten und mögliche Finanzierungsmodelle auszuarbeiten.

Auf Vorschlag von Herrn Beutler sollen der technischen Arbeitsgruppe unter der Führung von Herrn Bauersima die Herren Gurtner, Schildknecht, Bürki und Geiger angehören. Zusätzlich

sollen die L+T und das EAM je einen oder mehrere Vertreter in die AG delegieren.

Die Arbeitsgruppe "Trägerschaft" soll von Herrn Jeanrichard geleitet werden. Mitglieder sind die Herren Beutler, Kahle und eventuell Direktor O. Piller vom Eidgen. Amt für Messwesen (EAM).

Der von Herrn Beutler eingebrachte Vorschlag findet die Zustimmung aller Anwesenden.

9. IUGG-Generalversammlung 1991 in Wien

Der wichtigste Aspekt ist die rechtzeitige Abgabe der Entwürfe für die Publikationen bis zum 1. April 1991.

10. Ort und Datum der 145. Sitzung

Diese soll am Freitag, 12. April 1991 in Zürich stattfinden.

11. Varia

Bevor Herr Kahle die Sitzung um 18.10 Uhr schliesst, bedankt sich Herr Hottinger im Namen der SANW für die wichtige Arbeit, die von der SGK geleistet wird.

Anhang: Bericht der Arbeitsgruppe **Alpentraverse Gotthard**

Für den Schlussbericht wurden einige Kontrollechnungen (mit neuen Programmversionen) und weitere Untersuchungen über Krustenbewegungen im Bereich der Alpentraverse durchgeführt. Der Schlussbericht liegt zu etwa 90% vor. Einige Ergebnisse:

a) **Masstabsvergleiche**

Vergleicht man die Distanzmessungen in der Alpentraverse mit allen andern vorliegenden Methoden der Positionsbestimmung, so ergibt sich folgende Beziehung der Masstäbe:

Methode	Bezeichnung	Masstab (relativ in [ppm])	
Doppler-Satelliten	Swissdoc 1984	+1.4	Grösser/länger
EDM (Geodimeter)	<u>Alpentraverse</u>	<u>0.0</u>	<u>Bezug</u>
Europ. Triangulation	ED87 (Alpentrav.=Z ¹ wald-Generoso)*	-0.4*	
GPS	Granit 1987	-0.6	
Satelliten-Laser (SLR)	Zimmerwald-Generoso 1985	-1.5*	
Landestriangulation	LT (Alpentraverse Gotthard)	-7.1	
do.	LT (Zimmerwald-Generoso)	-8.4*	Kleiner/kürzer

* Zum Vergleich: Basislinie Zimmerwald-Generoso (160 km), gemessen 1985 mit mobilem Satellite Laser Ranging (SLR) Geiger, Kahle (1986) / Bürki et al. (1987), und angepasst auf den ED87-Masstab im Gebiet der Alpentraverse Gotthard.

b) **Krustendeformationen von 1910 bis 1980 im Gebiet der Alpentraverse**

Durch Vergleich der Netzformen, bestimmt einerseits aus den Richtungsmessungen aus der Zeit um 1910 und andererseits aus den späteren Distanzmessungen in der Zeit um 1980 kann auf regionale Krustendeformationen im betrachteten Gebiet der Alpentraverse für den Zeitraum von 70 Jahren geschlossen werden.

Gebiet	Distanz [km]	Längen-Änderung		Deformation
		absolut [cm]	relativ [ppm]	
Lägern-Rigi	48	0	0	keine
Rigi-Gotthard (Piz Badus)	50	-18	-3.6	kürzer
Gotthard- Südtessin (Generoso)	82	+98	+12.0	länger
Total: Lägern - Generoso	180	+70	+3.9	länger

Auf der Alpennordseite ergibt sich also eine Verkürzung (Kompression) um etwa 20 cm bzw. etwa 4 ppm, auf der Alpensüdseite eine Verlängerung (Dilatation) um ca. 100 cm bzw. 12ppm. Insgesamt ist die Distanz Lägern-Generoso in 70 Jahren um 70 cm bzw. 4 ppm länger geworden. Diese Resultate sind leider relativ unsicher! (schwache Überbestimmung). 8.11.90 El

145. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission vom 12. April 1991 in der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Anwesend: I. Bauersima, G. Beutler, B. Bürki, A. Carosio, A. Elmiger, A. Geiger, E. Gubler, W. Gurtner, F. Jeanrichard, H.-G. Kahle, H. Matthias sowie R. Scherrer.

Entschuldigt: Prof. P. Walter (Zentralpräsident SANW), Prof. Dr. A. Strasser (Präs. Sekt. III), Dr. B. Sitter (Generalsekretär SANW), Prof. Dr. St. Müller (Präs. Geophysikalische Kommission), Prof. Dr. C. Schindler (Präs. Geotechnische Kommission) sowie die Kommissionsmitglieder H. Aeschlimann, F. Chaperon, H. Dupraz, M. Mayoud und A. Miserez.

Vorsitz: Prof. Dr. H.-G. Kahle, Präsident
Protokollführung: Dr. B. Bürki, Sekretär

Herr Kahle begrüsst die Kommissionsmitglieder in den Räumlichkeiten der ETH und eröffnet die 145. Sitzung der SGK. Um den anstehenden Traktanden gebührende Zeit einräumen zu können, wurde auf einen öffentlichen Teil verzichtet.

Geschäftssitzung

Die mit den übrigen Sitzungsunterlagen verschickte Traktandenliste wird ohne Änderungswünsche gutgeheissen.

Traktanden:

1. Protokoll der 144. Sitzung
2. Jahresbericht des Präsidenten
3. Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen
4. UGGI-Kongress 1991 in Wien: Landesbericht der Schweiz
5. Publikationen 1991
6. Arbeitsprogramm 1991
7. Abnahme der Rechnung 1990
8. Budget 1991
9. Beitragsgesuch 1992
10. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe "Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald"
11. Ort und Datum der 145. Sitzung
12. Varia

1. Protokoll der 144. Sitzung

Nach einigen kleinen Nachfragen wird das Protokoll mit Dank genehmigt.

2. Jahresbericht des Präsidenten

Der vorgängig verschickte Jahresbericht wird genehmigt.

3. Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen

Zu Beginn dieses Traktandums bezieht sich Herr Kahle auf die anlässlich der vorletzten Sitzung verteilten Projektlisten.

2.1 SGK-Projekte

Nationales Forschungsprogramm 20: "Geologische Tiefenstruktur der Schweiz"

Herr Kahle berichtet über das soweit abgeschlossene Projekt NFP20. Die Feldarbeiten und der grösste Teil der Berechnungen sind weitgehend abgeschlossen. Nach Abschluss aller verbleibenden Arbeiten soll eine gemeinsame SGK-Publikation erscheinen.

GPS

Herr Beutler berichtet, dass Herr Erwin Frei seine Dissertation zum Thema "FARA" (fast ambiguity resolution approach) abgeschlossen hat und die Publikation praktisch druckfertig vorliegt. Er erwähnt ferner, dass vom Internationalen GPS Geodynamics Service (IGS) an verschiedene Institutionen eine Anfrage (letter of intent) verschickt worden sei. Ziel dieser Anfrage, die auch ans AIUB gelangte, sei der Aufbau eines internationalen Processing-Centers und eines Konsortiums für einen Bahnbestimmungsdienst auf ziviler Basis. Diese Dienstleistung soll sowohl für wissenschaftliche Anwender wie auch für alle übrigen potentiellen Nutzer die benötigten Grundlagen liefern. Welche Institutionen letztlich diesen Bahndienst finanziell tragen werden, ist allerdings noch offen. Er erwähnt, dass das AIUB diese Absichten unterstützen und die Anfrage im positiven Sinne beantwortet habe.

Herr Beutler berichtet im weiteren, dass das AIUB in Zusammenarbeit mit der ESA Teile der globalen GPS-Kampagne "GIG 91" sowie eine spezielle ESA-Kampagne in Europa auswerten wird.

Er erwähnt, dass diese Auswertungen sehr aufschlussreich sein werden, da sie den Vergleich zwischen weltweiten und regional (kontinental) beschränkten Beobachtungsdaten erlauben werden.

Zum Stand der "Berner Software" erläutert Herr Beutler, dass der Abschluss der Version 3.3 kurz bevorstehe. Für die zweite Jahreshälfte ist zudem der Einbezug der "rapid static positioning"-Verfahren geplant.

Weitere Aktivitäten des AIUB konnten mit dem Eidgenössischen Amt für Messwesen (EAM)

dahingehend vereinbart werden, dass das EAM eine auf drei Jahre beschränkte Stelle für einen Doktoranden finanzieren wird. Er erwähnt, dass diese Arbeit zum Themenkreis "hochgenauer Zeittransfer auf kontinentale Entfernungen im Nanosekundenbereich" auf einen permanenten GPS-Empfänger in Zimmerwald angewiesen ist.

Zum Stand der EUREF-Arbeiten erläutert Herr Gurtner, dass am 21./22. März 1991 in Bern eine Arbeitssitzung der "Auswerter" stattgefunden hat. An der Sitzung haben folgende Institutionen teilgenommen:

- Astronomisches Institut der Universität Bern (AIUB)
- Universität Nottingham
- TU Delft (Institut für Luft- und Raumfahrt und Institut für Geodäsie)
- Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG), Frankfurt
- Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung (BEK), München
- Die beiden Institute in Hannover (Institut für Erdmessung) und München (Hochschule der Bundeswehr) haben sich von weiteren Auswertungen zurückgezogen.

Da die Universität Nottingham sowie die beiden Delfter Institute die Auswertungen nur teilweise durchzuführen imstande sind, wird die komplette Auswertung der EUREF-Kampagne nur durch die Gruppe AIUB/BEK/IfAG erfolgen. Für Wien (IUGG General Assembly, August 1991) sollen gewisse Teilaspekte der Auswertungen vorgestellt werden, ferner ist noch im laufenden Jahr ein weiteres EUREF-Treffen in Bern geplant.

Herr Gurtner berichtet in der Folge vom ESA-Projekt ERS-1, dem ersten Europäischen Fernerkundungssatelliten (European Remote Sensing Satellite). Im Oktober fanden erste GPS-Messungen statt mit dem Ziel, alle SLR-Stationen im Umkreis von 500 km von Venedig miteinander zu verbinden. Im März 91 fand in Frascati (I) eine Sitzung statt, an der Herr Gurtner die ersten Auswertungen vorstellte. Weitere an den Auswertungen beteiligte Institute sind in den Niederlanden (Prof. Wakker, Institut für Luft- und Raumfahrt, Delft) und in Italien (TELESPAZIO). Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Bestimmung der Höhendifferenz von der Plattform ausserhalb Venedig zum mobilen Laser auf dem Festland (Monte Venda). Herr Gurtner erläutert, dass die definitiven Auswertungen bis Ende Mai vorliegen sollten, da unter anderem die Resultate auch für die SLR-Beobachtungen benötigt werden. Der Start des Satelliten ist für den 3. Mai geplant, und zwei Wochen später sollte der Satellit in einer stabilen Umlaufbahn sein, die jeden dritten Tag über Venedig führt. Bei den zur Bahnbestimmung notwendigen SLR-Beobachtungen wird sich auch das AIUB beteiligen. Herr Gurtner erwähnt ferner, dass auch von Seiten der Hochschule der Bundeswehr in München GPS-Versuchsmessungen durchgeführt wurden, und zwar in der Nordsee auf Bojen. Diese Messungen werden auch Vergleiche mit den altimetrischen Messungen erlauben. Weitere ähnliche Aktivitäten sind 1992 in Lampedusa, im Rahmen des TOPEX-POSEIDON Projekts vorgesehen. Herr Beutler zeigt sich besorgt um den Fortbestand von EUREF und erkundigt sich, ob für die

EUREF- Messkampagne eine Wiederholungsmessung vorgesehen ist. Herr Gurtner erwidert, dass diesbezüglich gewisse Bestrebungen im Gang sind, allerdings nicht unter dem gleichen Namen.

Über die GPS-Aktivitäten der L+T berichtet Herr Gubler. Er erklärt, dass die intensive Suche nach einem geeigneten Permanent-Empfänger immer noch nicht zu einer klaren Entscheidung geführt hat. Auf Grund von Tests mit den norwegischen ROGUE-Empfängern in Thun und Turtmann hat die L+T die Feststellung gemacht, dass die ROGUE-Empfänger nicht ganz zufriedenstellend arbeiten. Der neue Mini-Rogue wird wegen Komplikationen mit dem Turbo-ROGUE vom JPL (Jet Propulsion Laboratory, Pasadena CA) leider nicht unterstützt. Herr Gubler meint, dass sich als vorübergehende Lösung auch ein Trimble-Empfänger eignen würde, allerdings war die Preisofferte fehlerhaft. Der neue Preis in der Höhe von Fr. 90 000.- ist aber hoch, entspricht er doch beinahe dem Preis eines Permanentempfängers.

Herr Geiger berichtet über die GPS-Aktivitäten am IGP und zeigt eine Folie, die die hohe Auslastung der Geräte darstellt. Die bestehende Ausrüstung von drei WM 102 wurde zwischenzeitlich um drei Trimble-Geräte erweitert:

- 1 Trimble Geodesist, für kinematische Anwendungen
- 1 Trimble Surveyor II als Bodenstation in kinematischen Anwendungen
- 1 Trimble Aerial Surveyor, für kinematische Positionierungen mit reduzierter Genauigkeitsanforderungen (Geophysik, Aero-Radiometrie).

Als Anwendungsbeispiel dieser Geräte zeigt Herr Geiger einige Folien zu einem tracking-Versuch, der auf dem Dach der ETH Höggerberg durchgeführt wurde. Die mit der TRIMVEC-Software ausgewerteten kinematischen Messungen ergaben Genauigkeiten im Bereich von ca. 1 cm.

Herr Geiger berichtet anschliessend von einem Flugversuch, der in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich und der DLR (Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen) durchgeführt wurde. Das Hauptziel dieser Anwendung ist die kinematische Bestimmung der Flugbahnen der mit SAR (Synthetic Aperture Radar)- Sonden ausgerüsteten Flugzeuge. Die Auflösung der SAR-Aufnahmen am Boden beträgt ca 2 m, was an die Genauigkeit der Koordinatenbestimmung hohe Anforderungen stellt. Mit einem speziell ausgerüsteten Flugzeug wurde ein Beobachtungsflug von München nach Kloten und Davos durchgeführt, in dessen Verlauf die Position ständig bestimmt wurde (nur L1).

Für die Photogrammetrie, bei der eine Positionsgenauigkeit in der Grössenordnung von 10 cm gefordert ist, steht noch ein weiterer Flug bevor. Bedingung dazu ist allerdings eine genügende Anzahl von Satelliten, ansonsten die geometrische Stabilität des Systems rasch zusammenbricht.

Ein weiteres Arbeitsgebiet im Umfeld von GPS ist die Modellierung der Troposphäre. Herr Geiger zeigt einige Folien aus der Diplomarbeit von Herrn V. Eckert, der sich mit dem Problembereich der dreidimensionalen Interpolation von Meteorologischen Daten beschäftigt hat. Aufgrund von drei Folien, die den Temperaturverlauf auf drei verschiedenen Höhenniveaus darstellen, lässt sich der Verlauf einer durchziehenden Warmfront (Föhnwindsturm) in einem Profil sehr schön aufzeigen. Auch die daraus abgeleiteten troposphärischen Weglängenveränderungen (path delays) scheinen die Plausibilität des auf der Kollokationsmethode basierenden Ansatzes zu bestätigen. Herr Beutler meint dazu, dass für die Auswertungen der LV 95- Arbeiten solche Untersuchungen interessant sind und angewandt werden sollten. Es folgen einige Diskussionen über die Anwendbarkeit und allfälliger Konsequenzen derartiger Ansätze für die Praxis. Herr Beutler bemerkt, dass für das Studium des Troposphäreinflusses eine Wiederholungsmessung im Turtmann-Netz, bei der auf allen Stationen an drei Tagen, während 24 Stunden gemessen würde, sehr nützlich wäre. Noch besser wären erneute Wiederholungsmessungen 3 und 6 Monate später.

Herr Gurtner ergänzt, dass auch die Untersuchungen zur Kombination verschiedener Geräte sehr wichtig sind. Er meint, dass dazu das Testnetz in Thun wegen der geringeren Distanzen geeigneter als das Netz in Turtmann wäre.

Herr Scherrer bietet an, dazu einen Empfänger zur Verfügung zu stellen. Er wäre auch daran interessiert, den Empfänger im Hinblick auf einen möglichen Einsatz im Permanent- Betrieb zu testen.

Herr Matthias meldet sich zu Wort, da er sich für den Nachmittag entschuldigen muss. Vorerst gratuliert er der SGK für die gute wissenschaftliche Arbeit und bietet an, über die Interaktion SGK/RAV (Revision der amtlichen Vermessung) einen Vortrag zu halten. Ein weiterer Wunsch besteht darin, Fragen zur Ausbildung der Geodäten in diesem Gremium zu diskutieren. Er meint, dass die SGK eine geeignete Plattform zur Einleitung entsprechender Aktivitäten und zur Meinungsbildung sei. Nach einer Diskussion verzichtet die SGK auf einen Vortrag.

Über die Aktivitäten zu REUN berichtet Herr Gubler. Er erläutert die Ergebnisse der 1990 gemessenen Strecke vom Genfersee (Nyon) nach Vuiteboeuf, auf der zu Testzwecken teilweise auch Parallelmessungen mit dem neuen Nivellierinstrument NA 2000 durchgeführt wurden. Für 1991 sind die Strecken Delémont - Pruntrut Zipfel sowie der Hauenstein geplant. Als Resultate nennt Herr Gubler ein Beispiel: Der Schleifenabschluss innerhalb der Schleife 1 beträgt 26 mm. Wenn die gravimetrischen Messungen berücksichtigt werden, reduziert sich der Schleifenabschluss auf 11 mm. Bei den Auswertungen zeigte sich ein erstaunlicher Effekt: Zwei Punkte in der Gegend von Le Pont heben sich offensichtlich um 0.8 mm pro Jahr, was für diese Region mit allen anderen Beobachtungen in Widerspruch steht. Diese Aussagen beruhen auf Messungen zu vier verschiedenen Epochen seit 1922 und sind gut dokumentiert.

Zum Thema **Refraktion** berichtet Herr Elmiger, dass sich insbesondere Herr Köchle mit diesen Fragestellungen beschäftigt hat. Durch die Pensionierung von Herrn Köchle per Ende Jahr werden diese Arbeiten gezwungenermassen ein vorläufiges Ende finden. Bei einer allfälligen Weiterführung der Arbeitsgruppe wäre eine Neudefinition der Zielvorstellungen wünschenswert.

Zum Stand der Arbeiten im Projekt **Alpen traverse** erwähnt Herr Elmiger, dass die Publikation wahrscheinlich noch in diesem Jahr gedruckt werden kann.

Über die Aktivitäten im **Passnetz Gotthard** berichtet Herr Geiger. Er stellt drei von der Gruppe Kahle betreute Diplomarbeiten vor, die sich zum Teil auf Arbeiten des Diplomvermessungskurses stützen.

Das beim Nationalfonds eingereichte **Geoid**-Projekt wurde in der Zwischenzeit mit einigen Abstrichen bewilligt. Herr Kahle bemerkt dazu, dass damit das Projekt begonnen werden kann.

2.2 Einzelprojekte

CQSSP und Fundamentalastronomie

Herr Bauersima berichtet über die Arbeiten im Zusammenhang mit dem neuen CCD-Kamerasystem. Er erwähnt, dass insbesondere viel Programmierarbeit geleistet wurde, um die Kamera steuern, kalibrieren und für Richtungsmessungen einsetzen zu können. Er stellt einen Bericht in Aussicht (s. Anhang). Herr Beutler ergänzt, dass in Zimmerwald demnächst ein Video-System verfügbar sein wird.

Infolge fehlender Zeit konnte der Projektbericht **Geodätische Datenbank** noch nicht fertiggestellt werden.

Über den Stand der Arbeiten zum Projekt **Mikrowellen-Wasserdampf-Radiometer** informiert Herr Bürki. Er erwähnt, dass derartige Geräte bezüglich ihrer Eichung recht problematisch sind. Der grösste Teil der Aktivitäten stand daher im Zusammenhang mit Untersuchungen und Testmessungen zur Eichung der Instrumente. Neben diesen "Laborarbeiten" zeichnen sich auch konkrete Anwendungen im Rahmen des ERS-1 Projekts ab. Herr Bürki erwähnt in diesem Zusammenhang, dass das IGP vom Rutherford Appleton Laboratory (RAL) in Didcot, Chilton, England eine Anfrage erhalten hat, ob die Radiometer des IGP allenfalls für Messungen in Ginzling (bei Mayrhofen im Zillertal, Österreich) und in Revine (bei Treviso, Norditalien), allenfalls sogar in Zimbabwe eingesetzt werden könnten. Das Ziel dieser Messungen würde darin bestehen, für die vom RAL entwickelten Altimeter-Transponder den troposphärischen Zenit-Path Delay zu messen. Mit Hilfe dieser Transponder, die auf Punkten mit genau bekannten Höhen installiert sind, lassen sich die vom ERS-1-Radar-Altimeter gemessenen Höhen punktuell eichen. Da die Auflösung der Transpondermessungen (Distanz Bodenstation

- Satellit) ca. 1 cm beträgt, muss der troposphärische Path Delay möglichst genau bekannt sein, was sich nur durch direkte Messungen mittels Wasserdampf-Radiometern, unterstützt mit Ballonsondenaufstiegen, erreichen lässt. Herr Bürki erwähnt, dass die Anfrage im positivem Sinn beantwortet wurde.

Rezente Krustenbewegungen (RCM)

Herr Jeanrichard nimmt bezug auf die an der letzten Sitzung angekündigte Publikation, die mittlerweile im *Bulletin de la Société neuchâtoise des Sciences naturelles* erschienen ist und verteilt einige Exemplare des Sonderdrucks (s. Anhang).

Herr Kahle umreisst anschliessend die wichtigsten Aktivitäten in der Gravimetrie. Er erwähnt, dass mit der Universität Utah, USA eine enge Zusammenarbeit besteht, und Herr Arnet von der Gruppe Gravimetrie in den USA ist, wo er im Rahmen seiner Doktorarbeit gravimetrische und seismische Daten vom Yellowstone Caldera-Gebiet bearbeitet.

Herr Kahle erwähnt im weiteren, dass er vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) eine Anfrage erhalten habe, wer von schweizerischer Seite als Kontaktperson für das ESA-Projekt ARISTOTELES fungieren werde. Nach einigen Diskussionen einigt man sich darauf, dass Herr Kahle brieflich dem BBW vorschlagen wird, Herrn PD Dr. E. Klingelé als schweizerischen Vertreter zu designieren.

Herr Kahle bezieht sich im nächsten Votum auf das Schweizerische Schweregrundnetz. Aufgrund der in der letzten Zeit vermehrt eingegangenen Anfragen aus Europa sollten neue Aktivitäten zum Unterhalt und zum Ausbau unternommen werden. Ferner regt Herr Kahle an, in nächster Zeit im Rahmen eines SGK-Projekts neue Software für die zuverlässige Prädiktion von Schwerewerten ins Auge zu fassen.

Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald

Herr Gurtner als Verantwortlicher für die Beobachtungsstation erläutert kurz die wichtigsten Punkte, soweit sie nicht bereits im separaten Bericht an die SGK (s. Anhang) wiedergegeben enthalten sind. Die wichtigste Änderung bezüglich der Hardware besteht im neuen Stationsrechner (VAX) der auch mit einer Decnet-Verbindung ausgerüstet wurde. Damit lässt sich in Zukunft die Datenübermittlung wesentlich vereinfachen und zudem verbilligen. Nach einigen detaillierten Angaben über Hardware-Anpassungen im Kamerasystem, erwähnt Herr Gurtner, dass das AIUB für das Nachfolgeprojekt von CDP (Crustal Dynamics Project) der NASA ein neues Projekt zur Begutachtung eingereicht wurde. Im Rahmen dieses neuen NASA-Grossprojekts DOSE (Dynamics of the solid Earth) soll die Station Zimmerwald zu einer (Flinnwürdigen) Geostation ausgebaut werden. Im weiteren ist vorgesehen, die beteiligten SLR-Stationen in Europa unter einer WEGENER-Schirmherrschaft zusammenzufassen.

Herr Kahle bemerkt ergänzend dazu, dass auch von Seiten des IGP ein DOSE-Projekt eingereicht wurde, und zwar gemeinsam mit Instituten in Italien, Deutschland und Griechenland.

4. UGGI-Kongress 1991 in Wien: Landesbericht der Schweiz

Da die Autoren schriftlich kontaktiert wurden, und der Inhalt des Berichts klar war, konnte dieses Traktandum rasch erledigt werden. Es wurde beschlossen, einen EUREF-Beitrag zusätzlich in den Landesbericht aufzunehmen.

5. Publikationen 1991

Neben dem Landesbericht für Wien sind für dieses Jahr noch folgende Publikationen ausstehend:

- Dissertation E. Frei: "Rapid Differential Positioning with the Global Positioning System (GPS)"
- Dokumentation von A. Elmiger: "Alpentaverse"

Zum ersten Turmann-Band sind mittlerweile einige Beiträge bei Herrn Jeanrichard eingetroffen, es fehlen hingegen noch die Beiträge über die terrestrischen Messungen und zur Geologie sowie einige Kommentare.

Herr Gubler führt aus, dass das Budget dieses Jahr nicht für alle vorgesehenen Publikationen reiche, er ist aber bereit, ein entsprechendes Gesuch an die SANW abzufassen, sofern die Manuskripte und die Offerten vorliegen.

6. Arbeitsprogramm 1991

Wurde bereits in den einzelnen Projektbeiträgen behandelt.

7. Abnahme der Rechnung 1990

Herr Gubler macht einige präzisierende Erläuterungen zur Betriebsrechnung. Dank der wie immer sorgfältigen und gewissenhaften Rechnungsführung des Quästors wird ihm mit Dank Decharge erteilt.

8. Budget 1991

Herr Kahle zeigt sich erfreut, dass die bei der SANW beantragten Mittel für das laufende Jahr ohne Abstriche genehmigt wurden.

9. Beitragsgesuch 1992

Herr Kahle nimmt Bezug auf die in den letzten Jahren stark gewachsenen Budgetanträge. Er meint, dass für die Zukunft eventuell mit Kürzungen zu rechnen sei.

10. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe "Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald"

Herr Bauersima vermittelt einen Rückblick über die bisherigen Aktivitäten dieser neuen Arbeitsgruppe. Die ersten konkreten Gespräche technischen Inhalts fanden Anfang Jahr statt. So wurden u. a. die Möglichkeiten und Probleme eines Ausbaus mit den Verantwortlichen des Observatoriums Genf vor Ort diskutiert und erörtert. Anschliessend wurde eine erste Sitzung der technischen Arbeitsgruppe abgehalten.

Ein weiterer Besuch führte zur Satellitenbeobachtungsstation in Grasse, wo auch Lunar-Laser-Ranging betrieben wird. Dort wurden viele Gespräche mit Vertretern des CERGA und der Industrie geführt und dabei umfangreiches Datenmaterial gesammelt, da für die Konstruktion eines sowohl für CCD- wie auch SLR-Messungen geeigneten Teleskops keine fertigen Konzepte vorliegen. Daraus ergaben sich viele Hinweise und Erkenntnisse, die in Bezug auf die Realisierung eines für Zimmerwald geeigneten Teleskops möglichst optimal umzusetzen sind.

Die erste Sitzung der Administrativ-Arbeitsgruppe fand Ende Dezember 1990 unter der Leitung von Dir. F. Jeanrichard statt. Neben der L+T war auch Herr. Dir. Piller als Vertreter des Eidgenössischen Amtes für Messwesen (EAM) anwesend. Herr Jeanrichard erwähnt, dass eine für die Station Zimmerwald beantragte Stelle bereits bewilligt wurde. Für die zweite benötigte Stelle sind die Verhandlungen zur Zeit noch im Gang. Er hofft, demnächst eine weitere Sitzung einberufen zu können.

Herr Gurtner ergänzt die Ausführungen von Herrn Bauersima und erklärt, dass das AIUB versuchen werde, die Interessen bezgl. Zimmerwald genauer abzuklären, insbesondere was die beiden ETH's in Zürich und Lausanne betrifft. Herr Beutler meint dazu, dass man so etwas wie eine landesweite Kräftekonzentration für das Gebiet der "Space Techniques" erreichen sollte. Allerdings ist es in der Schweiz äusserst schwierig, geeignete Wissenschaftler zu finden, da der Stellenmarkt sehr ausgetrocknet ist.

Herr Kahle meint, dass ein derartiges Vorhaben in ein Gesamtschweizerisches Geodätisches Forschungskonzept eingebettet werden sollte. Herr Beutler ergänzt, dass eine möglichst vielfältige wissenschaftliche Grundlagenforschung wichtig sei.

Die weiteren Diskussionen lassen sich so zusammenfassen, dass sich die Gesprächspartner einig sind, ein geeignetes Standort-Papier zu entwerfen und an die richtigen Stellen zu streuen.

11. Ort und Datum der 146. Sitzung

In Bezug auf die SGK-Sitzungen meldet sich Herr Bürki zu Wort und stellt die Frage, ob allenfalls der Turnus von zwei Sitzungen pro Jahr reduziert werden könnte. In der folgenden Diskussion einigt sich das Plenum, bei zwei Sitzungen zu bleiben, wobei bei einer der beiden Sit-

zungen die Traktandenliste möglichst kurz gehalten werden soll. Als nächster Sitzungstermin wird der 1. November 1991 provisorisch festgelegt. Die genaue Abklärung soll zu gegebener Zeit schriftlich erfolgen.

12. Varia

Herr Kahle gibt bekannt, dass vom UGGI-Landeskomitee ein Beitrag von Fr. 1200.- als Reisekostenanteil nach Wien übernommen wird. Herr Kahle schlägt vor, den Betrag der L+T und dem IGP zu gleichen Teilen zur Verfügung zu stellen.

Anhang 1:

Bericht an die SGK
über die Arbeiten der Salliten-Beobachtungsstation Zimmerwald
(Sitzung 12. April 1991)

**I. Bauersima, G. Beutler, W. Gurtner,
M. Rothacher, T. Schildknecht**

**Astronomisches Institut
Universität Bern**

1. Satelliten-Lasertelemetrie und GPS

1.1 Kurzbeschreibung

Die in der Berichtsperiode durchgeführten Arbeiten weisen zwei thematische Blöcke auf:

1. die Satelliten-Lasertelemetrie und
2. die GPS-Aktivitäten

Im Rahmen des "Blocks 1" nahm die Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald am "International Earth Rotations Service (IERS)" teil und leistete ihren Beitrag zur Bestimmung der sog. Parameter der Rotation der Erde und der eigenen Position in dem sog. internationalen terrestrischen Bezugssystem. Die für das Zeitintervall Mai 1984 bis Dezember 1988 gewonnenen mittleren Koordinaten des Referenzpunktes der Station Zimmerwald weisen dabei eine Genauigkeit von ± 1 cm auf. Im Rahmen des "Blocks 2" wurde die bereits international anerkannte GPS-Software weiter vervollkommen und mit ihr mehrere -wissenschaftlichen Zwecken dienende-GPS-Messkampagnen ausgewertet. Durch eine Analyse der GPS Beobachtungsdaten wurde nachgewiesen, dass die Genauigkeit des Zeittransfers mit GPS - gegenüber den heute gängigen GPS-Methoden - um einen Faktor 10^{-3} bis 10^{-4} gesteigert werden kann.

1.2 Satelliten-Lasertelemetrie

Auch in der Berichtsperiode wurden die SLR-Aktivitäten an der Station Zimmerwald im Rahmen des IERS fortgesetzt (SLR = Satellite Laser Ranging; IERS = International Earth Rotation Service). Dies sowohl mit Beobachtungen als auch im Bereiche der Weiterentwicklung der Station.

1.2.1 Beobachtungen

Eine statistische Übersicht über die bis Ende Oktober 1990 gewonnenen Daten gibt die Tabelle im Anhang. Der mittlere Fehler einer Einzelbeobachtung konnte dabei - gegenüber dem Vorjahr - von ca. 8 auf ca. 6 cm vermindert werden. Dies dank dem Einsatz eines neuen "constant fraction discriminators". Dieser Fehler könnte mittels geeigneter Massnahmen noch einmal um einen Faktor 5 bis 10 vermindert werden. Es müsste nämlich anstelle des bisherigen Echodektors (Photomultiplier) die Avalanche-Diode eingesetzt werden. Dies ist jedoch mit der bestehenden Teleskopmontierung nicht realisierbar. Der so erzielten hohen Detektions-genauigkeit sollte dann aus Konsistenzgründen auch durch andere Massnahmen Rechnung getragen werden. So sollte z. B. der Fehler in der Bestimmung der atmosphärischen Laufzeitkorrektion auch entsprechend vermindert werden. Die geeignete Massnahme wäre der Einsatz eines Zweifarben- anstelle des heutigen Einfarbenlasers. Dies wiederum würde weitreichende Folgen für die Gestaltung der optischen Systeme der Sende- und Empfangsteleskope und für die Elektronik (Messung der Zeitintervalle im Picosekunden-Bereich) haben.

Es sind gegenwärtig Bemühungen im Gange, eine durchgreifende Modernisierung der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald zu bewirken. Zu diesem Zweck werden Verhandlungen zwischen dem Kanton Bern (vertreten durch das Astronomische Institut der Universität Bern) und drei Bundesinstitutionen, die an der Forschung und der Anwendungen der Satellitengeodäsie direkt interessiert sind geführt. Dies nicht nur im Interesse der Wahrung eines international vertretbaren "Qualitätsstandard", sondern auch im Interesse einer effizienten Trennung und zugleich Zusammenarbeit zwischen der Forschung und dem **permanenten** Betrieb der Satellitenstation Zimmerwald. Es versteht sich von selbst, dass dabei die - heute immer noch bestehenden - Personalprobleme (niedrige und unsichere "Drittkreditlöhne") auch gelöst - und die für den **Betrieb** der Station benötigten Materialkredite als jährliche Pauschalbeiträge gesichert werden müssten. Die erwähnten Bemühungen werden durch zwei Arbeitsgruppen der Geodätischen Kommission der SANW ("Technische" und "Administrative") vorangetrieben.

1.2.2 Weiterentwicklung

- Es wurde ein Prototyp einer TICOMT (Einrichtung für den TV-Zeitvergleich) mit 10 ns Auflösung (sog. 100 MHz-Version) gebaut. Eine weitere Entwicklung wurde aus Zeitgründen fallen gelassen. Dies, nachdem das Astronomische Observatorium in Neuenburg die Absicht geäußert hat, eine solche Entwicklung - von der wir später gegebenenfalls profitieren könnten- selbst an die Hand zu nehmen.
- Es wurde ein neues Konzept für die Zeitanlage erarbeitet und erste Komponenten von dieser gebaut und in Betrieb genommen. Wichtigstes Element ist dabei das mit einer Batteriepufferung ausgerüstete Zeitnormal auf der Basis eines Rubidiumnormals FRS-C der Firma EFRATOM, welches eine Referenzsekunde mit guter Langzeitstabilität zur Verfügung stellt. Es eignet sich auch für den Uhrentransport.

1.2.3 Resultate

Im Rahmen des IERS (International Earth Rotation Service) ist die Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald jedesmal als die sog. primäre Station eingestuft worden (siehe [1], [2], [3])

Unter einer **primären Station** des IERS versteht man dabei eine solche, deren "dreidimensionale" Position im ITRF (=IERS Terrestrial Reference Frame) zu jedem Augenblick des laufenden Jahres auf einige Zentimeter genau bestimmt werden kann (die Einstufung wird in Annual Reports von IERS publiziert).

Die näheren Kriterien für die Auswahl solcher Stationen sind in [1], Seiten 5 und 6 publiziert.

Im Rahmen von IERS haben verschiedene "Analyse-Zentren" Resultate der Analyse der VLBI- und SLR-Beobachtungen publiziert. Diese Resultate bestehen aus den folgenden, i.a. zeitabhängigen Werten:

- 1) der Koordinaten der Quasare im ICRF (= IERS Celestial Reference Frame),
- 2) der Koordinaten der VLBI- und SLR-Stationen im ITRF (= IERS Terrestrial Reference Frame) und
- 3) der sog. Parameter der Orientierung der Erde (Earth Orientation Parameters, (EOP)).

Die für das Zeitintervall Mai 1984 bis Dezember 1988 geltenden "mittleren" Koordinaten der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald im ITRF wurden dabei mit Genauigkeiten von

$$\pm 5 \text{ mm bis } + 15 \text{ mm}$$

- je nach Analyse Zentrum - bestimmt (s. [4]).

Diesen Werten entspricht (beim Erdradius ~ 6380 km) eine relative Genauigkeit von

$$\pm 1.5 \cdot 10^{-9}$$

1.3 GPS

1.3.1 Software-Entwicklung

Im April 1990 wurde eine neue Version (Version 3.2) der "Bernese GPS Software" fertiggestellt (siehe [9]). Neben vielen anderen Verbesserungen erlaubt sie nun auch die Verarbeitung der GPS Daten der neusten Empfängertypen. Zusätzlich wurde für diese Version 3.2 ein Menu- und Datenverwaltungssystem für Personal Computers bereitgestellt, das die Benützung der GPS-Programme enorm erleichtert.

Im Rahmen der Dissertation von Erwin Frei (siehe [8]) wurden Algorithmen für das schnelle

Lösen der "Initial Phase Ambiguities" entwickelt. Damit lassen sich relative Punktkoordinaten (Distanzen bis zu 20 km) mit einer Genauigkeit von etwa 1 cm mit nur 1-2 Minuten an GPS-Daten bestimmen.

An der Konferenz GPS'90 in Ottawa wurde die zweite Version des RINEX Formates (Receiver Independent Exchange) für den Austausch von GPS-Daten vorgestellt und diskutiert (siehe [12]). Dieses von unserem Institut vorgeschlagene Format ist bereits zu einem internationalen Standard geworden.

1.3.2 Auswertungen

Im Berichtsjahr wurden die folgenden GPS-Auswertungen - unter Verwendung der "Bernese GPS Software" - begonnen, weitergeführt oder abgeschlossen:

1. EUREF-89

Unser Institut hat die Aufgabe übernommen, für die im Mai 1989 gemessene europäische GPS-Kampagne EUREF-89 die zentrale Datensammlung und -verteilung zu gewährleisten, sowie -in Zusammenarbeit mit drei ausländischen Institutionen- eine vollständige Datenauswertung durchzuführen. Die Datensätze wurden in der ersten Jahreshälfte 1990 aufbereitet und an verschiedene Institutionen, welche ebenfalls Teil- oder Gesamtlösungen erarbeiten wollen, verteilt. Die Auswertungen an unserem Institut sind zu etwa drei Viertel abgeschlossen.

2. ERS-1 GPS-Kampagne

Im Oktober 1990 wurde von unserem Institut eine GPS-Kampagne mitorganisiert, welche einen Teil der geodätischen Grundlagen für die spätere Kalibrierung des Altimeters des ERS-1 Satelliten im Golf von Venedig bereitstellen soll. Die GPS-Daten werden ebenfalls an unserem Institut gesammelt und ausgewertet.

3. Landesnetz 1989 und 1990

Das im Aufbau begriffene neue GPS-Grundlagnetz der Schweiz wird jährlich in Teilen vom Bundesamt für Landestopographie gemessen und ausgewertet. Unser Institut übernimmt dabei jeweils die Berechnung verbesserter GPS-Satellitenbahnen zur Genauigkeitssteigerung des resultierenden Landesnetzes.

In allen oben erwähnten GPS-Kampagnen diente die Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald als einer der fundamentalen Referenzpunkte für die jeweiligen GPS-Netze, d.h. die Station wurde während der Kampagnen ebenfalls mit einem GPS-Empfänger ausgerüstet. Die SLR-Stationen (wie Zimmerwald) sowie die VLBI-Stationen (wie Wettzell, Onsala) bilden die notwendigen Stützpunkte zur hochgenauen Lagerung und Fixierung der GPS-Netze.

4. FARA 1990

Im Frühjahr 1990 wurde in Heerbrugg im Rahmen der Dissertation von E. Frei die FARA Kampagne (Fast Ambiguity Resolution Approach) mit WM-102 und Trimble 4000-SLD-Empfängern durchgeführt. Es wurde gezeigt, dass die sog. Ambiguity-Resolution mit sehr kurzen Datensätzen (1 Minute) möglich ist, falls ZweifrequenzenEmpfänger zur Verfügung stehen.

5. Rogue- und Ashtech-Testkampagnen

Im April wurden -vom Bundesamt für Landestopographie initiiert- Testmessungen mit Rogue- und Ashtech-Empfängern durchgeführt. Diese Messungen waren Teil der Evaluation eines Empfängers, der als permanent arbeitende Station in Zimmerwald eingerichtet werden soll. Zusätzlich konnten auch die Daten einer vom Institut Géographique National in Paris im Testnetz Turtmann -ebenfalls mit den neuen Ashtech-Empfängern- durchgeführte Kampagne untersucht werden.

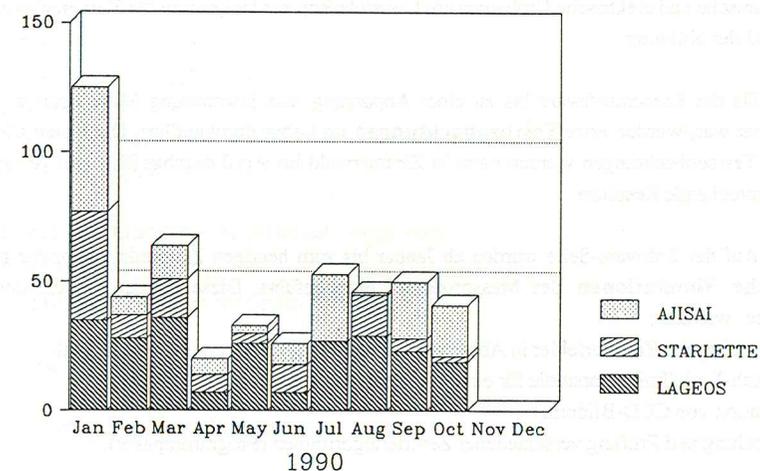
1.3.3 Zeittransfer

Die - an der Festlegung der Internationalen Atomzeit beteiligten - Zeitlaboratorien realisieren heute den Zeittransfer mittels GPS durch die sog. "common view"-Methode. Diese Methode nützt jedoch nicht die potentiell erreichbare Genauigkeit der GPS-Code- und Phasenbeobachtungen aus. Sie ist limitiert durch die geringe Genauigkeit der sog. "broadcast" Ephemeriden (= die vom Satelliten gesendete Bahninformation), durch die ungenaue Kenntnis der Position der Empfangsantenne und durch die geringe zeitliche Auflösung des C/A-Codes. Werden jedoch geodätische Zweifrequenz -anstelle der Zeittransfer-GPS-Empfänger- ausgereifte Auswertalgorithmen für Code- und Phasenbeobachtungen und Resultate regionaler oder kontinentaler Bahnbestimmungsdienste benützt, so kann die Genauigkeit des Zeittransfers um einen Faktor 10^{-3} bis 10^{-4} (Subnanosekunden-Genauigkeit) gesteigert werden. Dies wurde an unserem Institut unter Verwendung entsprechend modifizierter "Bernese GPS Software" nachgewiesen (s. [5]). Für diesen Nachweis wurde die Menge der Standarddaten der speziellen Studiengruppe 1.104 der Internationalen Assoziation der Geodäsie benützt.

Literatur

- [1] IERS TECHNICAL NOTE 1, The initial IERS Terrestrial Reference Frame, June 1989.
- [2] IERS, Annual Report 1988.
- [3] IERS, Annual Report 1989.
- [4] IERS TECHNICAL NOTE 2, Earth Orientation and reference frame determinations, atmospheric excitations functions, up to 1988 (Annex to the IERS Annual Report to 1988), by: IERS Analysis Centres for VLBI, LLR, SLR, AAM, June 1989
- [5] Schildknecht, T., G. Beutler, W. Gurtner, M. Rothacher (1990): Nanosecond GPS. Time Transfer Using Precise Geodetic Processing Techniques.
- [6] Beutler, G., S. Fankhauser, W. Gurtner, M. Rothacher, U. Wild (1990): Considerations Concerning GPS Software Development: Structure, Models, Algorithms, Proc. of the Workshop GPS for Geodesy and Geodynamics, November 1989 Luxemburg (in press).
- [7] Beutler, G., W. Gurtner, M. Rothacher, U. Wild, E. Frei (1990): Relative Static Positioning with the Global Positioning System: Basic Technical Considerations; Global Positioning System: An Overview, Symposium No. 102, IAG General Meeting, Edinburgh, August 1989, Springer Verlag (in press).
- [8] Frei, E., G. Beutler (1990): Rapid Static Positioning Based on the Fast Ambiguity Resolution Technique: Method and First Results, (submitted to "Manuscripta Geodaetica").
- [9] Rothacher, M., G. Beutler, W. Gurtner, T. Schildknecht, U. Wild; Bernese GPS Software Version 3.2 Documentation April 1990, Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland
- [10] Wild, U., G. Beutler, S. Fankhauser, W. Gurtner (1990): Stochastic Properties of the Ionosphere Estimated from GPS Observations, Paper presented at GPS'90, Ottawa, Canada, September 3-7.
- [11] Rothacher, M., G. Beutler, W. Gurtner, D. Schneider, A. Wiget, A. Geiger, H.-G. Kahle (1990): The Role of the Atmosphere in Small GPS Networks, Paper presented at GPS'90, Ottawa, Canada, September 3-7.
- [12] Gurtner, W., G.L. Mader (1990): The RINEX Format: Current Status, Future Developments, Paper presented at GPS'90, Ottawa, Canada, September 3-7.
- [13] Schildknecht, T., G. Beutler, W. Gurtner, M. Rothacher (1990): Towards Subnanosecond GPS Time Transfer Using Geodetic Processing Techniques, Paper presented at the Forth European Frequency and Time Forum EFTF 90.
- [14] Schildknecht, T., G. Beutler, W. Gurtner, M. Rothacher (1990): Nanosecond GPS Time Transfer Using Precise Geodetic Processing Techniques, ION GPS-90, Third International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, September 1990, Colorado Springs, Colorado, USA.

Zimmerwald SLR Observatory
Number of Observed Passes
(1-JAN-90 - 31-OCT-90)



2. Richtungsbeobachtungen mit CCD im Rahmen des CQSSP-Projektes

2.1 Kurzbeschreibung

Sei S bzw. Q ein im Mittel gegenüber einer bestimmten Menge von Fixsternen bzw. Quasaren ruhendes Koordinatensystem. Das **CQSSP-Projekt** setzt sich zum Ziel, die Parameter der i.a. nichtstationären Transformation $S \rightarrow Q$ zu bestimmen. Hierzu greift es im sog. **CQSP-Segment** auf die im Rahmen von IERS (International Earth Rotation Service) gewonnenen Resultate radiointerferometrischer Beobachtungen von Quasaren und lasertelemetrischer Beobachtungen der Satelliten zurück. Im Rahmen des sog. **CSSP-Segmentes** werden gleichzeitige optoelektronische Beobachtungen der Katalogsterne und Satelliten durchgeführt und aus diesen - mit Hilfe der CQSP-Resultate - die gesuchten Parameter der Transformation $S \rightarrow Q$ bestimmt. Die in der Berichtsperiode durchgeführten ersten "CSSP-Beobachtungen" zeigten vielversprechende Resultate.

2.2 Entwicklungen

- a) Nachdem wir Ende 1989 das CCD-Kamerasystem erhalten haben, wurden folgende **mechanische und elektrische Anpassungen** zur Integration der CCD-Kamera in das be-

stehende System des Lasertelemeters Zimmerwald durchgeführt:

- Mechanische Anpassungen am Laserteleskop zur Aufnahme des CCD-Kamerakopfes.
 - Mechanischer Umbau des CCD-Kamerakopfes.
 - Mechanische und elektrische Umbauten am Laserteleskop zur Integration der Kameraelektronik und der Kühlung.
- b) Da die Kamerasoftware bis zu einer Anpassung und Erweiterung Mitte Februar unbrauchbar war, wurden erste **Testbeobachtungen** im Labor durchgeführt. Die ersten CSSP (s. [2]) Testbeobachtungen wurden dann in Zimmerwald im April durchgeführt und zeitigten vielversprechende Resultate.
- c) Auf der Software-Seite wurden ab Januar bis zum heutigen Zeitpunkt zahlreiche **numerische Simulationen** des Messprozesses durchgeführt. Diese dienten verschiedenen Zwecken, wie z.B.:
- Abschätzung der Zentrierfehler in Abhängigkeit von der Brennweite und vom Signal-zu-Rausch-Verhältnis (Vorstudie für ein optimales Teleskop).
 - Simulation von CCD-Bildern.
 - Entwicklung und Prüfung verschiedener Zentrieralgorithmen (Programmpaket).
- d) Parallel zur Simulationssoftware wurde ab Januar bis zum heutigen Zeitpunkt auch die **Auswertesoftware** entwickelt. Diese besteht vorläufig aus folgenden Blöcken:
- Aufstellung der Beobachtungsgleichungen für verschiedene Szenarien, wie z.B.
 - Auswerte-Varianten von CQSSP (s.[2]).
 - die Auswertung von Beobachtungen geostationärer Satelliten (siehe Abschnitt 2.4 dieses Berichtes).
 - Arbeiten zur atmosphärischen Refraktion.
 - Entwicklung des Parameterbestimmungs- und des (dualen) Simulationsprogramms.
- e) Weiterentwicklung der Echtzeitprogrammen für den Kamerarechner.
- f) Die Entwicklung der sog. Vorbereitungsprogramme wurde fortgesetzt. Diese liefern die numerischen Grundlagen für die eigentliche Steuerung des Messprozesses und bestehen z.B. aus:
- dem Programm für Bahnprognosen.
 - dem Programm für das Auffinden der Referenzsterne und das Bestimmen der CCD-Beobachtungszeiten.

2.3 Öffentliche Präsentationen

Die Resultate der bisherigen Forschung im Rahmen des CQSSP-Projektes wurden an folgenden Tagungen präsentiert:

CQSSP

- AGU Spring Meeting, Baltimore
- IAU Regional Astronomy Meeting, Davos
- IAU Colloquium 127 on Reference Frames, Virginia Beach
- IERS Workshop, Paris

Optische Richtungsbeobachtungen allgemein

- COGEOS Workshop, Brüssel
- ESA Space Debris Advisory Group, Darmstadt

Alle diese Tagungen fanden 1990 statt.

2.4 Weitere geplante Aktivitäten

Die Europäische Raumfahrtorganisation ESA plant ein Standardverfahren zur Kontrolle der Bahnen sämtlicher künftiger europäischer "Low Orbiting-Satelliten" durch deren Transponder-Beobachtungen (Distanz) von den europäischen geostationären "Data Relay Satelliten (DRS)" aus.

Die Bahnen der letzteren werden wiederum durch Transponder-Beobachtungen von drei - in Europa liegenden - ESA Monitorstationen kontrolliert.

Im Zusammenhang mit der ungünstigen "Geometrie" der letzterwähnten Beobachtungen, wird nach eventuellen Ergänzungsbeobachtungen Ausschau gehalten. Die optoelektronischen Richtungsbeobachtungen (CCD) erwiesen sich dabei als besonders hilfreich.

Da die Satellitenstation Zimmerwald vorläufig die einzige europäische Stelle ist, die diese Beobachtungen bieten kann (diese stellen nur einen Spezialfall unseres CQSSP-Beobachtungs- und Auswerteverfahrens dar (s. [2])), wird sie in naher Zukunft diese Aufgabe übernehmen und das CQSSP-Konzept um entsprechende Szenarien (vgl. 2.d)) erweitern.

Literatur

- [1] Bauersima, I. (1984): Coupled Quasar, Satellite and Star Positioning (CQSSP), Mitteilungen der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald, Nr. 13.
- [2] Bauersima, I. (1990): Formulas for the Evaluation of the CSSP Segment of "Coupled Quasar, Satellite and Star Positioning", (CQSSP II), Mitteilungen der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald, Nr. 20.
- [3] Bauersima, I. (1990): Kurze Beschreibung der Struktur des CQSSP-Projektes, (CQSSP III), Mitteilungen der Satelliten-Beobachtungsstation, Nr. 25.
- [4] Schildknecht, T., I. Bauersima, G. Beutler, W. Gurtner (1990): CQSSP: A New Technique for Establishing the Tie between the Stellar and Quasar Celestial Reference Frames, 1990 AGU Spring Meeting, May 1990, Baltimore, EOS Transactions, Vol. 71.
- [5] Schildknecht, T., U. Hugentobler, A. Verdun, G. Beutler (199): Modern Optical Astrometry of Fast Moving Objects Using CCD Detectors, 12th European Regional Astronomy Meeting of the IAU, October 1990, Davos, Switzerland.
- [6] Schildknecht, T., J. Bauersima, U. Hugentobler, G. Beutler (1990): CQSSP and Quasar Celestial Reference Frames, IAU Colloquium 127 on Reference Frames, October 1990, Virginia Beach, Virginia, USA.

Anhang 2: *Auszug aus dem "Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, tome 113, 1990.*

BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAPHIE / OFFICE FÉDÉRAL DE TOPOGRAPHIE
UFFIZIO FEDERALE DI TOPOGRAFIA / UFFIZI FEDERAL DA TOPOGRAFIA

L'APPORT DE LA GÉODÉSIE
À LA RECHERCHE SUR LES MOUVEMENTS
DE L'ÉCORCE TERRESTRE DANS LE JURA

par

F. JEANRICHARD

AVEC 3 FIGURES

LES MOYENS ET MÉTHODES DE LA GÉODÉSIE

La géodésie est la science qui étudie la forme et les dimensions de la terre. D'abord, on s'est efforcé de déterminer avec le plus d'exactitude possible les dimensions de l'ellipsoïde terrestre, les déviations de la verticale réelle par rapport à cet ellipsoïde et de déterminer ainsi les "vraies" positions et altitudes des points de la surface terrestre. L'étude de la variation de la position et de l'altitude de ces points n'avait lieu que dans des cas bien déterminés: étude de mouvements du terrain ou de mouvements d'ouvrages d'art (barrages, ponts, bâtiments). Depuis une trentaine d'années, la géodésie se préoccupe aussi de déterminer les variations tridimensionnelles de la croûte terrestre et apporte ainsi une contribution quantitative à l'étude de la géodynamique. Ces nouvelles possibilités sont dues au développement de nouveaux moyens d'observation et de calculs, en particulier:

- le développement de télémètres permettant la mesure directe de distances longues de plusieurs kilomètres avec une précision de 1 ppm, pour autant que l'on puisse déterminer la pression atmosphérique et la température de l'air avec une précision d'environ 4 mb et 1°C respectivement au moment de la mesure de distance;
- le développement des méthodes de positionnement de points à la surface du globe par récep-

tion de signaux émis par des satellites (Global Positioning System) permettant la détermination de la position relative de points à quelques millimètres près, quelle que soit la distance entre ces points, à condition que les paramètres des orbites soient connus avec une précision suffisante et que l'influence des perturbations des couches atmosphériques et troposphériques soit convenablement éliminée. Alors que les mesures d'angles et de distances exigent une intervisibilité entre les points, les mesures à l'aide de récepteurs de signaux émis par des satellites n'exigent qu'un dégagement dans la partie située à partir de 20 grades environ au-dessus de l'horizon. En outre, les mesures peuvent se faire quelles que soient les conditions atmosphériques. L'inconvénient, actuellement, est que le système prévu de 18 satellites (3 satellites par orbite à 20 000 km d'altitude) n'est pas encore entièrement opérationnel et que la fenêtre d'observation n'est que de 12 heures par jour environ;

- le développement des moyens informatiques permettant de traiter de grandes quantités d'observations.

Les méthodes de mesures angulaires à l'aide de théodolites et celles des mesures d'altitudes au moyen de niveaux et de mires graduées (nivellement géométrique) sont toujours en vigueur. Mais il est intéressant de constater que la précision de ces mesures, limitée par les perturbations de l'atmosphère, n'a pratiquement pas changé depuis 70 ans. Un angle peut être mesuré avec une précision d'environ $3''$ (secondes centésimales), ce qui correspond à une corde de 5 mm vue à 1 km. Le nivellement géométrique est une méthode lente mais très puissante puisqu'elle permet d'atteindre une précision d'environ 1 mm par kilomètre de ligne et que la propagation des erreurs est proportionnelle à la racine carrée de la longueur de la ligne mesurée. Par contre, la commodité des mesures a augmenté considérablement avec l'introduction de l'enregistrement automatique des mesures pour les théodolites modernes et la mise à l'horizontale automatique de la visée des niveaux.

APERÇU DE L'ÉTAT ACTUEL DE LA RECHERCHE SUR LES MOUVEMENTS RÉCENTS DE LA CROÛTE TERRESTRE EN SUISSE

La répétition de la mesure du réseau du nivellement fédéral, mesuré une première fois entre 1903 et 1925 par le Service topographique fédéral, est la seule possibilité d'obtenir des renseignements quantitatifs sur l'ampleur des mouvements récents verticaux de la croûte terrestre sur l'ensemble du territoire suisse. Cette répétition, commencée après la Deuxième Guerre mondiale, est dans sa phase d'achèvement. Les résultats sont disponibles sur le Plateau, les Alpes et, pour le Jura, le long du polygone Bienne - La Chaux-de-Fonds - Les Verrières - Fleurier - Vuiteboëuf - Yverdon - Neuchâtel - Bienne. Les mouvements le long de la ligne La Chaux-de-Fonds - Delémont - Bâle doivent encore être calculés et la ligne Vuiteboëuf - Le Sentier - La Cure - Nyon sera mesurée en 1990. La figure 1 montre le réseau du nivellement fédéral-

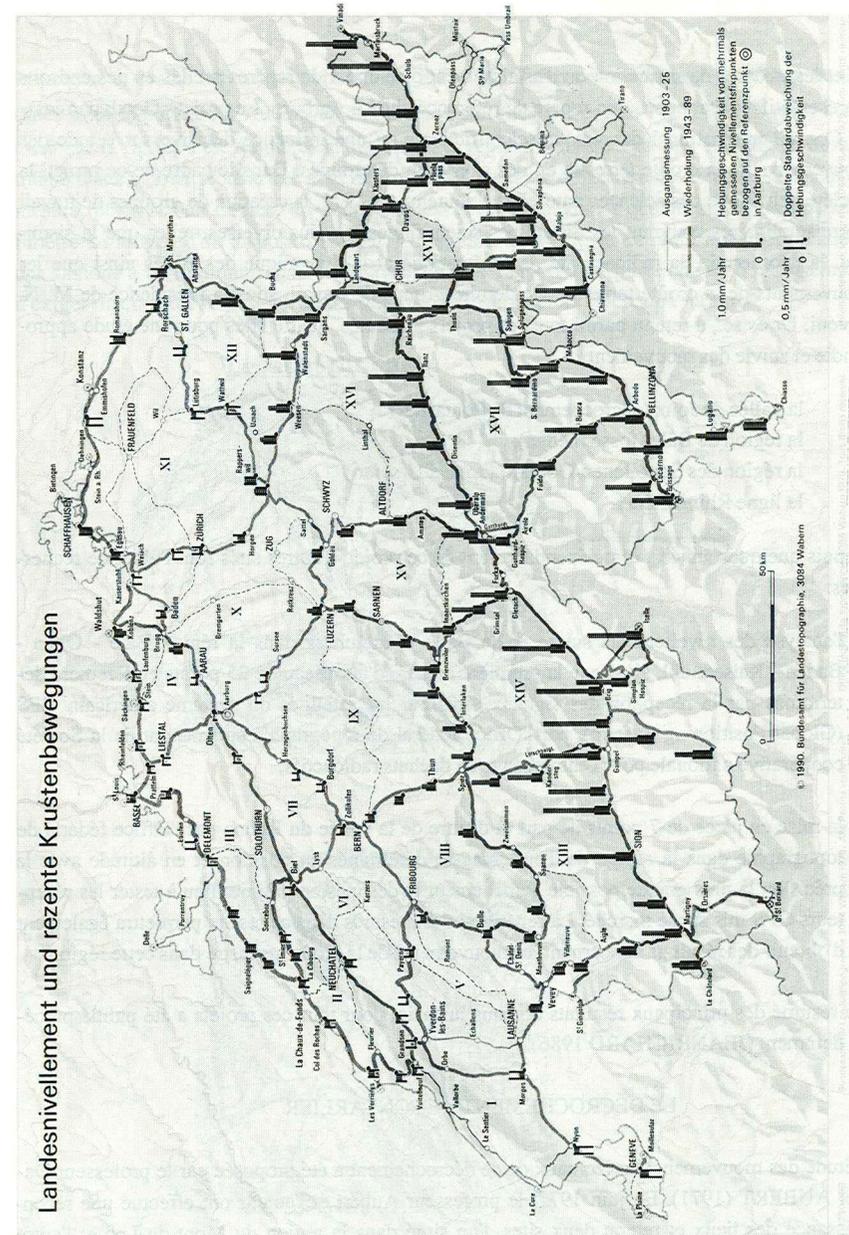


Fig. 1. Réseau du nivellement fédéral et mouvements verticaux de la croûte terrestre.

ral et les vitesses de surrection ou d'affaissement d'un choix de repères scellés en des endroits représentatifs, par rapport à un repère de référence situé à Aarburg. Le projet «Geodynamics» du Conseil international des unions scientifiques a eu une influence décisive sur l'étude des mouvements de la croûte terrestre en des sites bien déterminés. Dans le cadre de ce projet, la Société helvétique des sciences naturelles a soutenu, en 1971, la création de groupes de travail interdisciplinaires couvrant les disciplines scientifiques les plus diverses, telles que la sismique, la géothermie, la radioactivité, la cinématique et la dynamique des Alpes ainsi que les mouvements de la croûte terrestre. Ce dernier groupe de travail, sous la présidence de M. N. Pavoni, Dr ès sc., a retenu parmi tous les projets présentés, quatre sites pour une étude approfondie et suivie des mouvements:

- la vallée de Joux (décrochement de Pontarlier)
- la région de Bâle (fossé rhénan);
- la région des Schöllenen/Gothard (zone d'Urseren)
- la ligne Rhin/Rhône.

Depuis quelques années, et indépendamment de ce projet, d'autres sites font l'objet de recherches:

- l'analyse des nivellements suisse et de Bade-Wurtemberg dans la région Bâle - Olten - Baden - Kaiserstuhl, ainsi que la première mesure d'un réseau de 25 points entièrement déterminés par la réception des signaux émis par les satellites du système américain GPS (Global Positioning System), par l'Office fédéral de topographie sur mandat de la Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs;
- la mise en place de 7 points de part et d'autre de la vallée du Rhône par l'Office fédéral de topographie dans la région de Tourtemagne, déterminés en position et en altitude avec la précision la plus grande possible actuellement et destinés en premier lieu à tester les récepteurs GPS mis sur le marché. La répétition des mesures dans ce réseau permettra également d'obtenir des résultats concernant les mouvements de la croûte terrestre dans cette région.

Un résumé des principaux résultats obtenus jusqu'ici pour tous ces projets a été publié précédemment (JEANRICHARD 1986).

LE DÉCROCHEMENT DE PONTARLIER

L'étude des mouvements horizontaux de ce décrochement a été proposée par le professeur Daniel AUBERT (1971). En juin 1972, le professeur Aubert et l'auteur ont effectué une reconnaissance des lieux et retenu deux sites, l'un situé dans la région du Mont-du-Lac et l'autre dans celle du Pré de l'Haut-Dessous. Sur chaque site, il a été possible de placer 4 repères principaux dans la roche en place, correspondant à 4 stations sur lesquelles on peut mesurer tous

les angles et toutes les distances possibles. En 1984, également sur la base d'une reconnaissance avec le professeur Aubert, un cinquième point (désigné par les N^{os} 11 et 12 respectivement sur la fig. 2) a été ajouté à chaque site. Ces repères consistent en une cheville en bronze munie d'une calotte protectrice. Lors des mesures, la calotte doit être enlevée et l'instrument de mesure, placé sur un trépied, est centré au-dessus de la cheville à quelques dixièmes de millimètre au moyen d'un dispositif spécial. Ce système a l'avantage de réduire les déprédations des stations à un minimum mais le désavantage, par rapport à un pilier en béton par exemple, d'exiger un contrôle minutieux du centrage de l'instrument lors de chaque mesure.

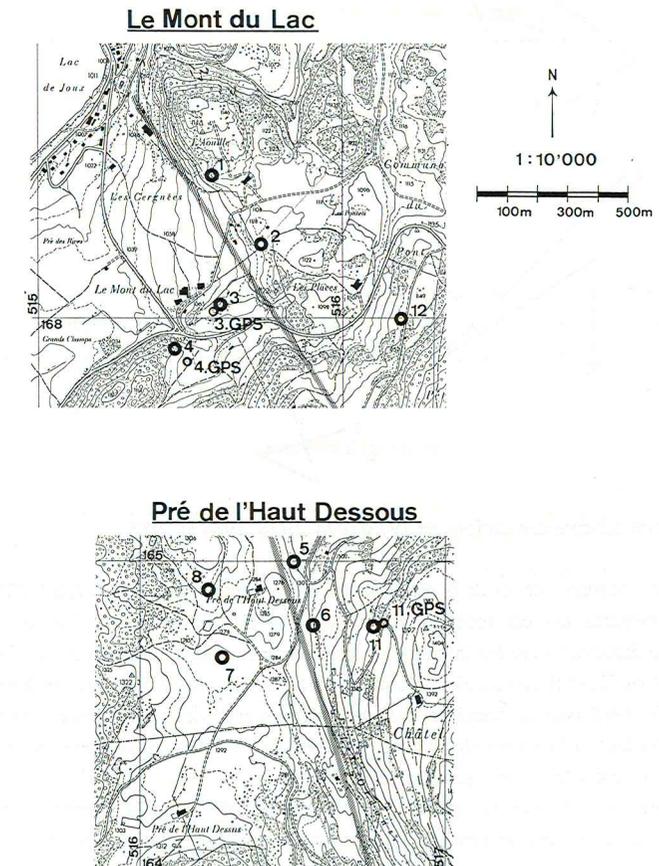


Fig. 2. Situation des stations dans les sites Mont-du-Lac et Pré-de-l'Haut-Dessous

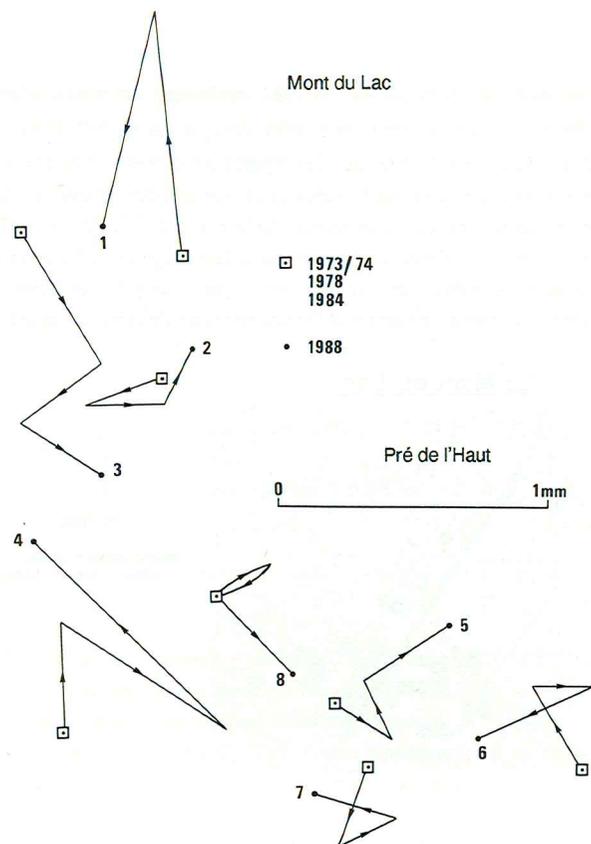


Fig. 3. Position relative des stations en 1973/1974, 1978, 1984 et 1988.

Les premières mesures sur les deux sites ont été effectuées en 1973 et 74 (JEANRICHARD 1974). Les mesures ont été répétées en 1978, 1984 et 1988. Chaque fois, des mesures d'angles et de distances avec les instruments les plus performants à disposition (théodolite du type DKM2A ou E2 et télémètre électro-optique du type Mekometer de la maison Kern) ont été effectuées. En 1988 pour la première fois, des mesures avec des récepteurs du type Trimble 4000SL permettant la réception des signaux mis par les satellites du système américain GPS (Global Positioning system), ont également été effectuées.

La figure 3 montre les résultats obtenus. Les mesures de 1973 et 1974 donnent pratiquement les mêmes résultats et leur moyenne a été introduite comme mesure de référence. Comme la série de mesures n'est complète que pour les stations N^{os} 1, 2, 3 et 4 du site «Mont-du-Lac» et N^{os} 5, 6, 7 et 8 du site «Pré-de-l'Haut-Dessous», la comparaison de la position illustrée par la figure 3 ne porte que sur ces stations-là. Les mesures de chaque époque ont été compensées

par la méthode habituelle des moindres carrés avec le logiciel LTOP de l'Office fédéral de topographie. Pour effectuer la comparaison de la position des stations, les coordonnées obtenues ont été transformées selon la méthode dite d'Helmert et les différences de coordonnées ont été reportées dans la figure 3 par rapport à la position de référence 1973/1974. Cette comparaison montre que les positions successives des stations varient de façon aléatoire et que cette variation se limite à un cercle d'un diamètre de 1 mm environ pour le site du Mont-du-Lac et de 0,5 mm environ pour celui du Pré-de-l'Haut-Dessous. Il faut en conclure que, pour la période allant de 1973 à 1988, les mouvements de l'écorce terrestre le long de la faille observée, ont été insignifiants. Mais l'Office fédéral de topographie a la ferme intention de poursuivre les mesures sur ces sites. Ce n'est qu'en récoltant un grand nombre d'observations que, à la longue, la tendance d'un mouvement pourra être décelée.

Résumé

L'article décrit les moyens géodésiques actuellement disponibles pour déceler des mouvements de l'écorce terrestre, donne un aperçu succinct des projets en cours en Suisse et conclut par l'exemple des mesures effectuées sur le site du Décrochement de Pontarlier.

Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt die heutigen Mittel der Geodäsie für die Bestimmung von Erdkrustenbewegungen, gibt einen kurzen Überblick über die laufenden Projekte in der Schweiz und zeigt ein Beispiel von solchen Messungen entlang des Décrochement de Pontarlier.

TABLE DES MATIÈRES

Commission géodésique suisse	2
144. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission	3
Wissenschaftlicher Teil: "GPS-Messtechnik 90: Status und Trends"	3
M. Rothacher: Arbeiten des Astronomischen Instituts, präsentiert in Ottawa (GPS' 90)	4
A. Wiget: Präzises GPS-Netz zur Überwachung von rezenten Krustenbewegungen in der Nordschweiz	6
A. Geiger: Bericht über die 1990 in Ottawa und Banff präsentierten Aktivitäten des IGP	7
G. Beutler: GPS und sein Umfeld im Jahre 1990	9
Geschäftssitzung	11
1. Protokoll der 143. Sitzung	12
2. Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen	12
3. Arbeitsprogramme 1991	22
4. Rechnung 1989: Revision durch SANW	22
5. Rechnung 1990: Stand der Konten	22
6. Beitragsgesuch 1992: Bereinigung	23
7. Publikationen	23
8. Arbeitsgruppe Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald	24
9. IUGG-Generalversammlung 1991 in Wien	25
10. Ort und Datum der 145. Sitzung	25
11. Varia	25
ANHANG	
Bericht der Arbeitsgruppe Alpentransverse Gotthard (A. Elmiger)	26
145 ^e séance voir au verso s.v.p.	

TABLE DES MATIÈRES

144 ^e séance voir au verso s.v.p.	
145. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission	27
Geschäftssitzung	27
1. Protokoll der 144. Sitzung	27
2. Jahresbericht des Präsidenten	28
3. Berichte zu den laufenden Projekten und Arbeitsgruppen	28
4. UGGI-Kongress 1991 in Wien: Landesbericht der Schweiz	34
5. Publikationen 1991	34
6. Arbeitsprogramm 1991	34
7. Abnahme der Rechnung 1990	34
8. Budget 1991	34
9. Beitragsgesuch 1992	34
10. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe "Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald"	35
11. Ort und Datum der 146. Sitzung	35
12. Varia	36
ANHANG	
1. Bericht an die SGK über die Arbeiten der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald von I. Bauersima, G. Beutler, W. Gurtner, M. Rothacher, T. Schildknecht	37
2. Auszug aus dem "Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles", tome 113, 1990: L'Apport de la Géodésie à la Recherche sur les Mouvements de l'Ecorce Terrestre dans le Jura Bericht von F. Jeanrichard	47