

Paper-ID: VGI_197811



Ungarisches Observatorium für Satellitengeodäsie

Iván Almár¹

¹ *Satellite Geodetic Observatory, Penc, Hungary, H-1373 Budapest Pf. 546*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **66** (4), S. 153–161

1978

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Almar_VGI_197811,  
Title = {Ungarisches Observatorium f{"u}r Satellitengeod{"a}sie},  
Author = {Alm{'a}r, Iv{'a}n},  
Journal = {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {153--161},  
Number = {4},  
Year = {1978},  
Volume = {66}  
}
```



Ungarisches Observatorium für Satellitengeodäsie

Von *Iván Almár*, Budapest

„Die größte Auswirkung auf die Entwicklung der Geodäsie hat in den letzten 25 Jahren ohne Zweifel die Entwicklung der Erdsatelliten ausgeübt“, sagte Professor I. Mueller, Leiter des Institutes für Geodäsie an der staatlichen Universität in Ohio, in seiner zusammenfassenden Vorlesung „The Changing World of Geodetic Science“ im Jahre 1977.

Die Satellitengeodäsie, ein sich stürmisch entwickelnder Zweig der Höheren Geodäsie, hat sensationelle Ergebnisse bei der Erstellung von sich über die gesamte Erde erstreckenden Weltnetzen erreicht und gleichzeitig bei der Lösung der Grundprobleme der klassischen Geodäsie, betreffend die Form und das Schwerfeld der Erde. Dies ist ja heute ein allseits bekannter und anerkannter Teil unseres Fachgebietes.

Die Beobachtung von Erdsatelliten gilt seit Beginn als das billigste und auch für kleine Staaten zugängliche und erfolgversprechende Teilgebiet der Weltraumforschung. Die Beobachtung von Erdsatelliten ist mit einem Fernrohr sozusagen überall möglich und die Bearbeitung von Meßergebnissen bedeutet auch kein Problem. Die ersten visuellen Beobachtungen haben in Ungarn bereits vor 20 Jahren begonnen. Die Sternwarte der Ungarischen Akademie der Wissenschaften beschäftigt sich seit mehr als 10 Jahren auch mit fotografischen Beobachtungen.

Mit Hilfe dieser Beobachtungen ist die Erfassung der komplizierten Dichteänderungen in der höheren Atmosphäre möglich. Neben diesen zweckbestimmten wissenschaftlichen Forschungen hat in Ungarn vor 8 Jahren das Fotografieren der Satelliten durch Fernrohre mit geodätischen Zielsetzungen begonnen. Eine unentbehrliche Voraussetzung ist auf diesem Gebiet eine ausdauernde und fleißige Beobachtungstätigkeit sowie eine internationale Zusammenarbeit. Ohne diese wäre die Vorhersage der Durchgänge der Erdsatelliten unmöglich. Eine besonders enge Zusammenarbeit über den ganzen Kontinent erfordern die Bearbeitung und Auswertung der Beobachtungsergebnisse.

Der Ungarische Geodätische Dienst hat sich auf der Grundlage eines Regierungsbeschlusses im Jahre 1969 entschieden, ein modern eingerichtetes und wohl ausgestattetes Observatorium für Satellitengeodäsie in Ungarn in zentraler Lage aufzubauen, einerseits für die Durchführung der amtlichen Beobachtungsaufgaben des Staates, andererseits für die Verwendung der satellitengeodätischen Ergebnisse. Das Observatorium wurde in den Jahren 1972–1976 als eine Außenstelle des Institutes für Geodäsie und Kartographie des Ungarischen Geodätischen Dienstes etwa 50 km nordöstlich von Budapest in der Nähe des Dorfes Penc errichtet (Abb. 1).

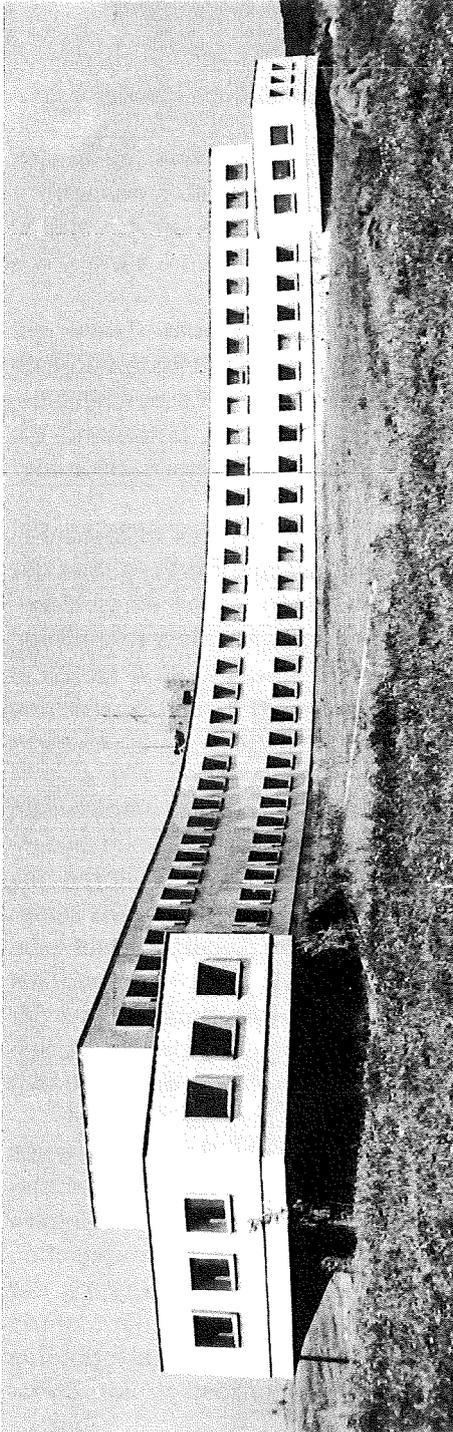


Abb. 1

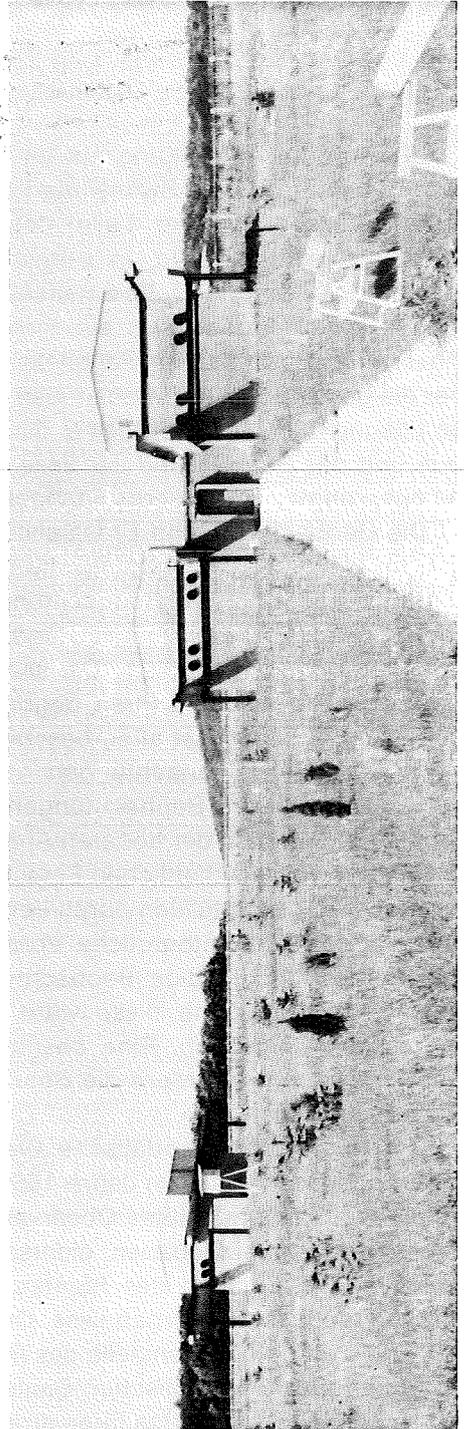


Abb. 2

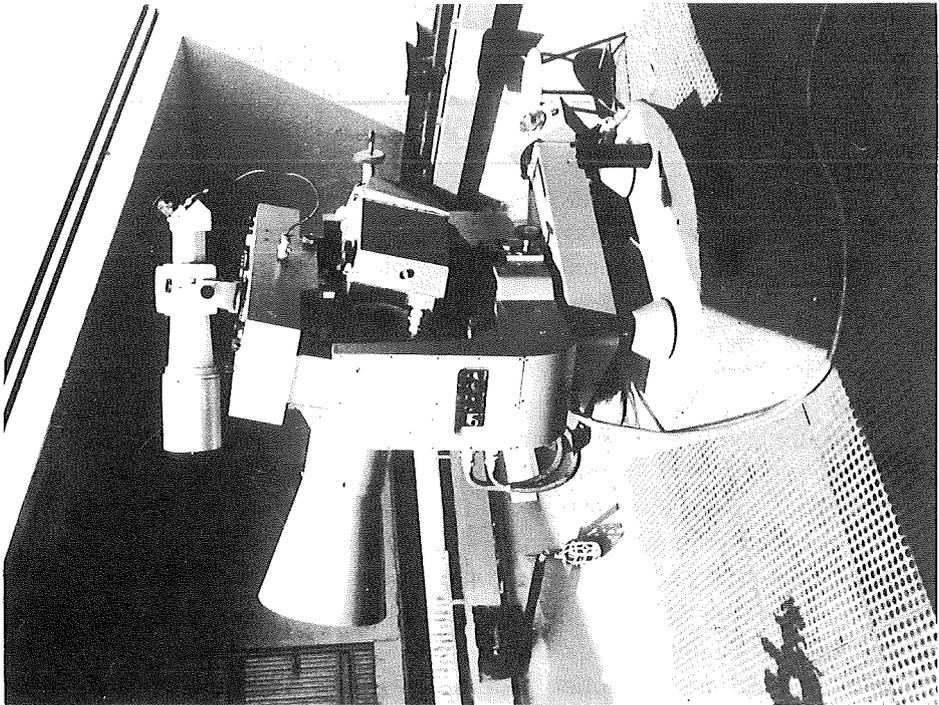


Abb. 3

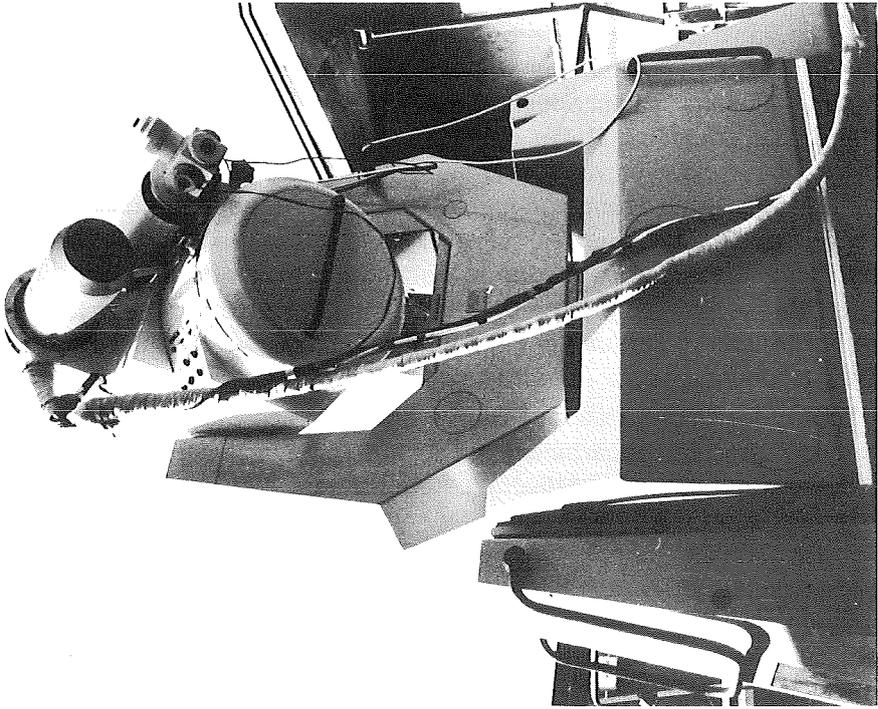


Abb. 4

Das neue Observatorium wurde Ende 1976, also fast gleichzeitig mit dem ähnlichen, in Graz-Lustbühel erbauten österreichischen Observatorium eröffnet. In den vergangenen Jahren wurden auch in anderen europäischen Ländern ähnliche satellitengeodätische Observatorien errichtet, z. B. in Holland, Griechenland, Polen usw. Die Leitung des Ungarischen Geodätischen Dienstes hat sich von Anfang an bemüht, eine vielseitige, moderne und auch für die Durchführung von jahrzehntelangen Beobachtungsserien geeignete Institution ins Leben zu rufen. Diese Vielseitigkeit besteht darin, daß neben der Satellitenbeobachtung auch verschiedene andere Meß- und Beobachtungsverfahren, die sich gegenseitig ergänzen, in dem Observatorium durchgeführt werden können, wodurch das Observatorium auch für die Lösung geodynamischer Aufgaben geeignet ist.

Die fotografische Beobachtung von Erdsatelliten im Observatorium hat bereits während der Bauarbeiten im Jahre 1975 begonnen und zwar durch die Inbetriebnahme einer sowjetischen Kamera vom Typ AFU-75 (Abb. 3). Mit einem Zeiss-Jena-ASCOREKORD-Monokomparator werden ebenfalls seit 1975 die Satellitenaufnahmen aus ganz Ungarn für geodätische Zwecke ausgemessen. Der Fehler der kalkulierten Richtungen beträgt etwa 4". Mit dem ebenfalls von Zeiss-Jena (DDR) erzeugten Fernrohr SBG (Abb. 4), das im Jahre 1976 im Observatorium installiert wurde, kann man auf dem Gebiet der fotografischen Beobachtung von Erdsatelliten mindestens die doppelte Genauigkeit erreichen. Dieses vierachsige Fernrohr vom Typ Schmidt-Cassegrain hat eine sehr gute Optik (Spiegeldurchmesser 500 mm, Fokus 735 mm), eine lochbandgesteuerte Nachführung und arbeitet mit Fotoplatten von 9×12 cm, was wegen der Vermeidung von Deformationen des Fotomaterials sehr vorteilhaft ist. Beide Instrumente sind jeweils in einem etwa 100 m vom Hauptgebäude entfernten Häuschen (Abb. 2) untergebracht und mit dem im Hauptgebäude befindlichen Zeitdienst durch unterirdische Kabel verbunden. Die Instrumente tragen mit 200–300 Satellitenaufnahmen pro Jahr zu dem Erfolg der durch die internationalen Organisationen koordinierten satellitengeodätischen Weltprogramme bei. Die Ausmessung der Aufnahmen erfolgt im Observatorium am ASCOREKORD-Monokomparator mit Rechnersteuerung, die weitere Bearbeitung mit Hilfe eines CDC Großrechners in Budapest. Es ist interessant, daß die Identifizierung der Aufnahmen mittels eines selbstgemachten Rechenprogrammes erfolgt. Das Programm, das auch die Katalogkoordinaten von 200 000 Sternen enthält, sucht mit Hilfe von zwei annähernd identifizierten Sternen die Katalogkoordinaten von den auf der Aufnahme abgebildeten Sternen aus und führt eine Transformation durch, woraus man als Ergebnis die topozentrischen Koordinaten des Erdsatelliten erhält.

Das nächste Ziel ist eine einheitliche Speicherung der Beobachtungsergebnisse in einer Rechenanlage und ihre Behandlung als Datenbank. Diese Datenbank soll auf magnetischen Datenträgern folgende Satellitenbeobach-

tungen enthalten: fotografische Richtungsbeobachtungen, Entfernungsbestimmungen mit Laser und Geschwindigkeitsmessungen mit einem nach dem Dopplerprinzip funktionierenden Radioempfänger.

All diese Beobachtungen erfordern eine Registrierung des entsprechenden Zeitpunktes mit hoher Genauigkeit. Da der Erdsatellit in einer Tausendstelsekunde sich um 6–7 m weiterbewegt, ist ein Meßergebnis nur dann auswertbar, wenn die entsprechende Zeitkoordinate mit gleicher Genauigkeit bestimmt werden kann. Es ist gelungen, den Zeitdienst des Observatoriums in den letzten Jahren so auszubauen, daß der Fehler des Anschlusses an die Weltzeit im allgemeinen nicht größer als 50 Mikrosekunden ist. Den Kern des Zeitdienstes bildet eine Atom- bzw. Quarzuhr, deren Kontrolle laufend mittels Radiozeitsignalen, durch Fernsehvergleiche und mit Hilfe einer transportablen Atomuhr erfolgt. Alle Meßzeitpunkte werden durch den im Hauptgebäude befindlichen zentralen Zeitdienst auf Lochband registriert.

Für die Voraussortierung und provisorische Bearbeitung der Meßdaten steht ein Tischrechner vom Typ Hewlett-Packard 9830 B dem Observatorium zur Verfügung. Mit diesem Tischrechner kalkulieren die Beobachter jeden Abend auch die Voraussagen für die Durchgänge der Satelliten, sowie die Einstellungsparameter der Fernrohre.

Für fotografische, Laser- bzw. Dopplerbeobachtungen liegen einige Ephemeridenprogramme vor. Es besteht auch die Möglichkeit, auf der Grundlage der beobachteten Verzögerung oder Beschleunigung des Satelliten die Vorhersage für den nächsten Tag zu verbessern. Die Zuverlässigkeit der Vorhersagen hat eine wesentliche Bedeutung bei den Laserbeobachtungen. Man kann die momentane Entfernung eines mit Spiegelreflektoren versehenen geodätischen Satelliten bestimmen, wenn man die Laufzeit eines von einem Lasergenerator ausgestrahlten sehr kurzen Impulses bis zum Satelliten und zurück mißt. Der große Vorteil der Laserentfernungsmessung besteht darin, daß der Fehler der Bestimmung von der Entfernung selbst unabhängig ist und bei den modernen Anlagen auf weniger als 1 m reduziert werden kann. Die Bearbeitung der Meßergebnisse ist schnell und einfach, die Entfernung kann unmittelbar nach der Messung bestimmt werden. Die Anwendung von Lasersystemen ergibt ein vielversprechendes Verfahren in der Satellitengeodäsie. Solange die Position der Satelliten allein durch fotogrammetrische Richtungsbestimmung nicht mit einer größeren Genauigkeit als 10–20 m bestimmbar ist, kann durch eine Kombination mit Lasermessungen die Genauigkeit mindestens zehnfach verbessert werden.

Die sozialistischen Länder arbeiten bekanntlich seit 1969 im Rahmen eines internationalen satellitengeodätischen Programmes zusammen. Ziel dieser Zusammenarbeit ist, die Verbindung zwischen dem Nordpol und dem Südpol mit einem Polygon mittels optischer Synchronbeobachtungen von Satelliten herzustellen. Auf der Grundlage des Programmes „Große Sehnen“

arbeiten Dutzende von Beobachtungsstationen mit AFU-75 Kameras in Europa, Afrika und auf den südozeanischen Inseln. Die Richtungen der Verbindungssehnen zwischen den Stationen werden aus gleichzeitigen fotografischen Beobachtungspaaren nur auf geometrische Weise ermittelt. Ziel des Programmes ist, die 17 000 km lange Traverse unabhängig von den Gravitationsmessungen auf der Erde abzuleiten, um die Gestalt der Erde unmittelbar bestimmen zu können.

Ungarn hat von Anfang an mit fotografischen Beobachtungen in dem Programm „Große Sehnen“ mitgewirkt. Im vorigen Jahr wurde unser Observatorium auch mit einem Laserentfernungsmeßgerät ausgerüstet. Dieses ist ein von den sozialistischen Ländern gemeinsam entwickeltes und in Serien hergestelltes Gerät. Das auch in transportabler Ausführung gebaute Gerät arbeitet schon auf mehreren Stationen des Programmes „Große Sehnen“, wie in Ägypten, Indien, Kuba, Bolivien usw. und unterstützt damit die Bestimmung der Länge der Verbindungssehnen und die Erhöhung bzw. Verbesserung der Genauigkeit. Ungarn hat verschiedene elektronische Einheiten zu den ersten fünf Laseranlagen geliefert, und unsere Mitarbeiter haben auch in Ägypten und Indien Beobachtungen mit ähnlichen Lasersystemen vorgenommen.

Unser Observatorium erhielt im Sommer 1977 einen Rubin-Laser mit dem entsprechenden Kühlsystem und der notwendigen Stromversorgungseinrichtung. Diese Einheiten wurden von der Prager Technischen Hochschule entwickelt. Der Rubin-Laser strahlt eine Energie von 1 Joule in einer Impulsbreite von 15 Nanosekunden aus, pro Minute sind 2–3 Impulse möglich. Die Divergenz des Laserstrahles beträgt 3 mrad. Die maximale Reichweite des Lasers erreicht theoretisch 3000 km, die Genauigkeit liegt bei ungefähr $\pm 1,5$ m. Der Laser wurde auf dem größten Teleskop des Observatoriums, dem vierachsigen SBG-Teleskop montiert, um den Empfang von schwachen Echos durch den großen Durchmesser des Fernrohres ermöglichen zu können. Das Fernrohr wurde so umgebaut, daß die Umschaltung von der fotografischen Richtungs- auf die Laserentfernungsmessung mit Hilfe eines leicht beweglichen Hilfsspiegels ermöglicht wird. Ein ähnliches Gerät arbeitet schon seit Jahren erfolgreich im Zentralinstitut für Physik der Erde in Potsdam in der DDR. Wenn die Übertragung dieser kombinierten Beobachtung in die Praxis realisiert wird, kann die zeitliche Änderung des nach Richtung und Größe bekannten Vektors nach dem Satellit registriert werden. Die Technische Abteilung des Observatoriums hat die Adaptierung für das Fernrohr SBG durchgeführt und zwar durch die Ausbildung des elektronischen Systems der Zeitmessung sowie der Anlage für die Registrierung der Meßergebnisse. Die Registrierung der Zeitpunkte der Laserentfernungsmessungen erfolgt automatisch mit einer Genauigkeit von 1–2 nsec. Es wird getrachtet, mit einer Weiterentwicklung des Lasersystems so bald wie möglich eine Genauigkeit von 1 m erreichen zu können.

Es ist beabsichtigt, bei verschiedenen, auf exakten Satellitenbeobachtungen beruhenden geodynamischen Programmen mitzuwirken. Es wurde bereits die Adaptierung eines Programmsystemes begonnen, welches auf der Grundlage verschiedener optischer Beobachtungen einerseits die geozentrischen Koordinaten der Beobachtungsstationen, andererseits die Bahnelemente der Erdsatelliten berechnet bzw. einige Parameter des Erdschwerfeldes korrigiert. Dieses Programm ist der erste Schritt in die Richtung der selbständigen Bearbeitung unserer Beobachtungen, kombiniert mit ähnlichen Beobachtungen anderer Länder.

Es ist allgemein bekannt, daß die Witterungsverhältnisse und die Sichtbedingungen im allgemeinen das Sammeln von Daten mit optischen Methoden behindern. In allen Fällen, wo die Bestimmung der Position eines Beobachtungspunktes im Verhältnis zum Erdmittelpunkt in einem geodätischen Weltnetz möglichst schnell gehen sollte, muß man zu Radiobeobachtungsmethoden greifen. Die modernste und beste Form hierfür ist das Dopplerverfahren, welches auf der automatisierten genauen Messung der Dopplerverschiebung eines durch den Satelliten ausgestrahlten Radiosignales beruht. Die Zuverlässigkeit dieser Messungen hat sich in den letzten Jahren so verbessert, daß ihre Anwendung nicht nur bei der Navigation, sondern auch in der Geodäsie Verbreitung fand. Als Grundlage des Dopplerweltnetzes ist in erster Linie das System „Navy Navigation Satellite System“ der USA zu bezeichnen. Die sechs Satelliten dieses Systems strahlen bekanntlich neben den mit 150 und 400 MHz ausgesandten Signalen auch die momentanen Ephemeriden aus und verfügen über einen sehr genauen Zeitdienst. Auch die von verschiedenen Firmen im Handel vertriebenen Dopplerempfänger sind mit Referenzoszillatoren von großer Stabilität versehen und ergeben mit einer bestimmten, angeschlossenen Rechneinheit gleich an Ort und Stelle die reduzierten geozentrischen Koordinaten. Während einer im Rahmen eines internationalen satellitengeodätischen Symposiums veranstalteten Geräteausstellung haben im Sommer 1977 auch in unserem Observatorium zwei Dopplerempfänger kurze Zeit gearbeitet. Der Vergleich der Messungsergebnisse war sehr interessant. Auf Grund unserer Erfahrungen wurde ein Empfänger vom Typ JMR-1 mit Zubehör (Abb. 5) bei der englischen Firma DECCA bestellt, der Anfang April 1978 geliefert wurde. Damit wurde sofort begonnen, die Position des Observatoriums zu bestimmen. Bekanntlich kann man mit der sog. Translokation, der gleichzeitigen Anwendung mehrerer Dopplerempfänger, die Genauigkeit wesentlich verbessern. Nach der Literatur kann man die relative Lage zweier Stationen auf diese Weise mit einem Fehler von weniger als 1 m bestimmen. Im Sommer 1978 wurde zwischen den Observatorien Penc und Lustbühel ein Translokationsexperiment durchgeführt. Unsere Zielsetzung ist, dieses Verfahren auch im Rahmen der internationalen Kooperation anzuwenden und außerdem das geodätische Netz 1. Ordnung innerhalb des Landes zu kontrollieren.

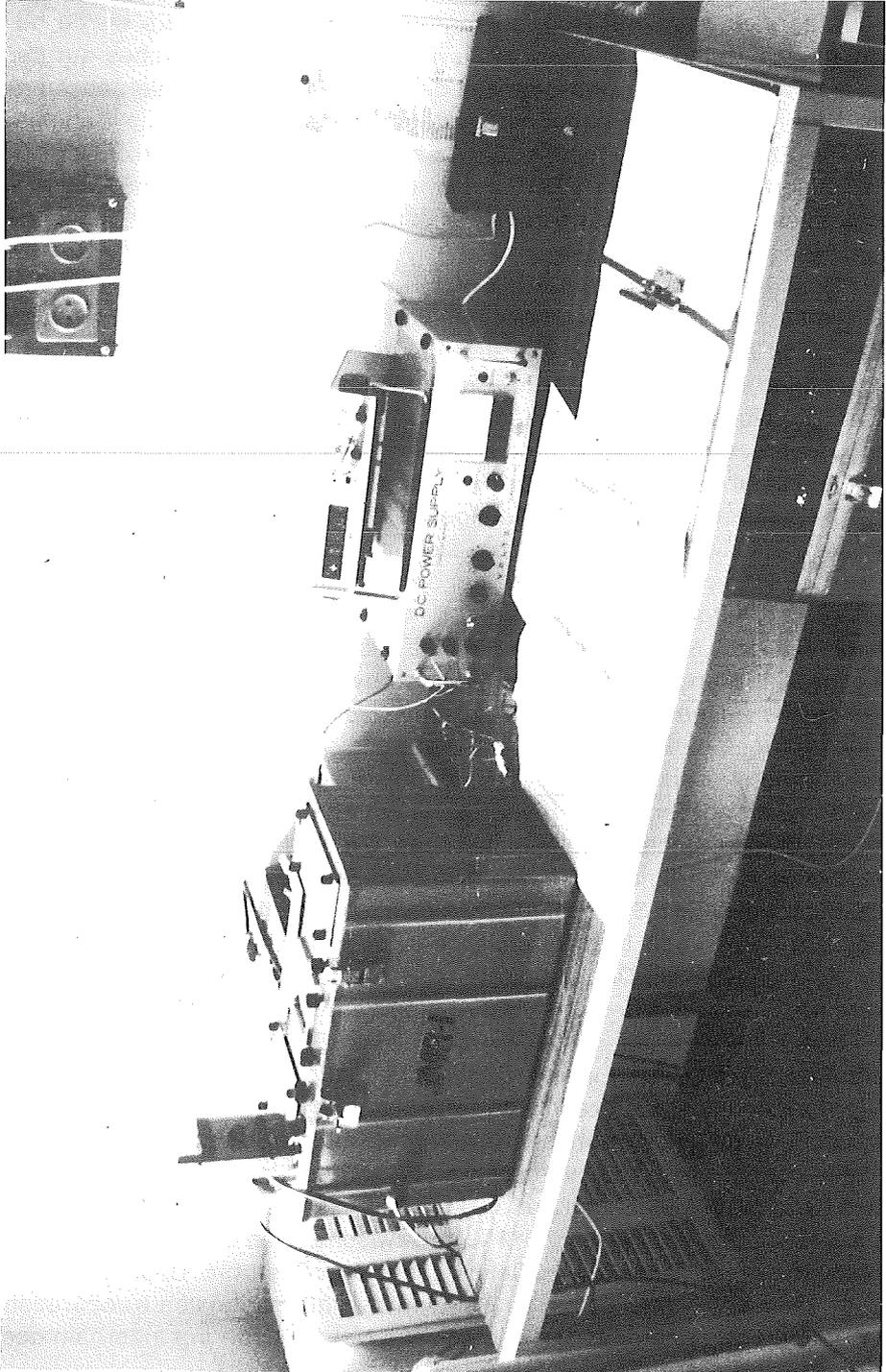


Abb. 5

Zur Lösung dieser Aufgabe genügen die Dopplermessungen allein selbstverständlich nicht. Es wurde daher die Anwendung eines weiteren „intermediären“ Verfahrens begonnen. Dies ist die von den finnischen Geodäten vorgeschlagene und erfolgreich angewendete Methode der Ballontriangulation. Ihr Ziel ist, künstlich ausgelöste Lichtblitze in einer Höhe von 30–35 km gleichzeitig von den 100–200 km voneinander entfernten Stationen vor dem Sternhintergrund zu fotografieren. Bei diesem Verfahren werden die Erfahrungen der Satellitenfotografie verwendet. Die Blitzanlage kann man mit Hilfe eines Ballons in die gewünschte Höhe bringen. Für den Ballonaufstieg beim ersten Versuch in Ungarn war eine Spezialistengruppe aus der DDR verantwortlich. Das Ziel ist, Erfahrungen über die Genauigkeit der Ballontriangulation über diese mittleren Entfernungen in Mitteleuropa zu sammeln. Für einen unmittelbaren Vergleich wurden auf den Endpunkten auch Dopplermessungen durchgeführt.

In der Umgebung des Observatoriums wurde für die Eichung von Entfernungsmeßgeräten und anderen Geräten ein Testnetz errichtet. Ferner ist beabsichtigt, zeitweise auch ein Gravimeter in Betrieb zu nehmen.

Abschließend sei noch erwähnt, daß im Jahre 1978 eine Gruppe für die Untersuchung von Anwendungsmöglichkeiten von Landsat- und Raumschiffaufnahmen bzw. von anderen Fernerkundungsdaten in Ungarn gegründet wurde.

Das Observatorium wird mit der Zeit zu einem Basisinstitut der Geowissenschaften in Ungarn. Es wird an die verschiedenen Weltnetze angeschlossen und es sollen hier auch alle an einer modernen geodynamischen Station notwendigen Messungen durchgeführt werden.

Ein einzelner Standpunkt allein ist natürlich nicht genug. Die internationale Zusammenarbeit hat auf diesem Gebiet eine außerordentlich große Bedeutung. Der Ungarische Geodätische Dienst ist daher bereit, im Interesse des gemeinsamen Zieles und der Entwicklung der geodätischen Wissenschaften die Zusammenarbeit mit anderen ähnlichen ausländischen Institutionen aufzunehmen.