



## Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille an Prof. Hellmut Schmid: Ansprachen und Festvortrag (H. Schmid: Raketenentwicklung und Satellitengeodäsie)

Kurt Bretterbauer <sup>1</sup>, Karl Rinner <sup>2</sup>, Hellmut Schmid <sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

<sup>2</sup> *Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie, Abt. Landesvermessung, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz*

<sup>3</sup> *ETH Zürich*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **74** (2), S. 113–121

1986

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Bretterbauer_VGI_198607,  
  Title = {Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille an Prof. Hellmut Schmid:  
          Ansprachen und Festvortrag (H. Schmid: Raketenentwicklung und  
          Satellitengeod{"a}sie)},  
  Author = {Bretterbauer, Kurt and Rinner, Karl and Schmid, Hellmut},  
  Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
            Photogrammetrie},  
  Pages = {113--121},  
  Number = {2},  
  Year = {1986},  
  Volume = {74}  
}
```



## Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille

Die Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung verleiht seit 1978 in Abständen von vier Jahren im Gedenken an den großen österreichischen Geodäten Friedrich Hopfner eine Goldmedaille für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Geodäsie.

Die Kommission hatte einstimmig Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid (ETH Zürich) zum dritten Empfänger dieser Auszeichnung bestimmt. Die Verleihung erfolgte am 18. April 1986 in einer Festveranstaltung im Boeckl-Saal der TU Wien.

Die Eröffnung nahm der Präsident der Kommission, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h. c. mult. Karl Rinner in Anwesenheit zahlreicher Fachkollegen vor. Unter ihnen Prof. Dr. K. Killian, der erste Träger der Hopfner-Medaille. Sodann richtete der Rektor der TU Wien, Magnifizenz Dipl.-Ing. Dr.-Ing. W. Kemmerling, Grußworte an die Festgäste. Der Rektor hob die lange Tradition des Vermessungswesens und der Geodäsie an dieser Hochschule hervor, die auf die Gründung einer Lehrkanzel für „Praktische Geometrie“ im Jahr 1818 und einer für „Höhere Geodäsie“ im Jahr 1866 zurückgeht.

Anschließend hielt Präs. Rinner die Laudatio für Prof. Schmid und überreichte die Medaille dem Geehrten. Prof. Schmid dankte für die Auszeichnung durch seinen Festvortrag „Raketenenwicklung und Satellitengeodäsie“. Damit konnten sich alle Zuhörer überzeugen, daß die Reihe der Träger der Hopfner-Medaille in Prof. Schmid eine würdige Fortsetzung erfahren hat.

Ein Bläserquintett des TU-Orchesters verschönte die Feierstunde mit Musik von Franz Danzi.

Im folgenden werden die Ansprachen von Präs. Rinner und der Festvortrag von Prof. Schmid im Wortlaut wiedergegeben.

*Kurt Bretterbauer*

### Ansprachen bei der Feier zur Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille

gehalten vom Präsidenten der ÖKIE  
*Univ.-Prof. Dr. mult. Karl Rinner*

#### Begrüßung

Sehr geehrte festliche Versammlung!

Als Präsident der ÖKIE habe ich die ehrenvolle Aufgabe, die Teilnehmer an der Feier zur Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille an Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid recht herzlich zu begrüßen.

Mein besonderer Gruß gilt dem Rektor der TU Wien, Magnifizenz o. Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Kemmerling, denn diesem schuldet die ÖKIE in dreifacher Weise Dank: den Dank für die Ehre seiner Anwesenheit, den Dank für die Bereitschaft, eine Grußadresse an die festliche Versammlung zu richten und den Dank für die Überlassung dieses Raumes. Das auch in diesem Fall gezeigte Interesse der TU Wien an dem Geschehen der ÖKIE hat tiefe, in die Vergangenheit reichende Wurzeln, die auch von Friedrich Hopfner als Rektor der TU Wien und als Präsident der ÖKIE Förderung erfahren haben.

Herzlich begrüße ich auch die Vertreter der für die ÖKIE und die geodätischen Disziplinen zuständigen Bundesministerien für Bauten und Technik sowie für Wissenschaft und Forschung und der Universitäten. Gleichzeitig bitte ich um Verständnis dafür, daß ich von einer namentlichen Begrüßung dieser und der Vertreter zu- und nachgeordneter Organisationen sowie vieler Freunde Abstand nehme.

Nur für den Vertreter der IUGG, Prof. Dr. H. Moritz, und für die Hauptperson der heutigen Veranstaltung, den emeritierten Univ.-Prof. der ETH Zürich, Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid, für welchen die heutige Feier ausgerichtet wurde, sei eine Ausnahme gestattet.

Erlauben Sie mir nun einige einleitende Worte zur heutigen Feier.

Die ÖKIE ist aus der 1863 gegründeten Mitteleuropäischen Gradmessungskommission entstanden, sie ist daher eine traditionsreiche, hohes internationales Ansehen genießende Organisation. Im Bewußtsein dieser Tatsache hat die ÖKIE 1976 den Beschluß gefaßt, in Abständen von etwa 4 Jahren eine Friedrich-Hopfner-Medaille für hervorragende geodätische Leistungen zu verleihen. Dadurch soll einerseits die herausragende Persönlichkeit des 1949 verunglückten österreichischen Geodäten Prof. Friedrich Hopfner lebendig erhalten bleiben und als Vorbild wirken und andererseits eine Anerkennung für hohe Leistungen erfolgen.

Die F.-H.-Medaille wurde erstmals 1978 an a.o. Prof. Dr. K. Killian, Wien, verliehen, der heute unter uns weilt. Die zweite Verleihung erfolgte 1982 an Prof. Dr. K. Ramsayer, Stuttgart, der leider durch eine schwere Erkrankung verhindert war, die Medaille persönlich entgegenzunehmen und bald darauf verstarb. In der heutigen Feier erfolgt die dritte Verleihung der F.-H.-Medaille an den emeritierten Professor der ETH Zürich, Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid.

### **Laudatio für Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. H. Schmid**

Im Rahmen des in den Satzungen vorgesehenen Turnus von 4 Jahren hat die ÖKIE im Jahre 1986 die Verleihung der dritten Friedrich-Hopfner-Medaille vorgesehen. Nach einer sorgfältigen Prüfung der in Frage kommenden Kandidaten wurde hiefür der emeritierte Universitätsprofessor Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid aus der Schweiz ausgewählt. Die Gründe für diese Wahl sind in der nun folgenden Laudatio enthalten.

H. Schmid wurde am 12. September 1914 in Dresden geboren. Nach der Volksschule besuchte er dort die naturwissenschaftliche Abteilung einer Höheren Schule und bestand 1934 das Abitur. Sodann leistete er die studentische Arbeitsdienstpflicht ab und begann das Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule in Dresden. Bereits in dieser ersten Etappe seiner Ausbildung war die Liebe zu den Bergen ein wesentliches Motiv für sein Handeln.

Auch die Entscheidung zum Studium des Vermessungswesens ist auf die in diesem Fach vermutete Aktivität in der Natur zurückzuführen. Während des in der regulären Zeit von vier Jahren 1938 absolvierten Studiums fand H. Schmid Zeit für die Ausübung seiner alpinen Liebhaberei. In extremen Klettereien und in den alpinen Skiwettbewerben mit Abfahrt, Langlauf und Sprunglauf brachte er es zu Meisterwürden. Aber auch seine fachlichen Leistungen lagen weit über dem Durchschnitt. Er kannte die Härte des sportlichen Wettbewerbes um den Sieg und übertrug diese auch auf seine fachlichen Aktivitäten. Mit dem 1938 erworbenen Diplom strebte er eine Betätigung im oder wenigstens in der Nähe des alpinen Bereiches an. Er bewarb sich daher um eine Stellung in der österreichischen (damals ostmärkischen) Hauptvermessungsabteilung in Wien. Um die hiefür gestellten Vorbedingungen nach photogrammetrischen Kenntnissen zu erfüllen, wurde er Assistent bei Prof. Hegershoff an der TH Dresden und promovierte im Jahre 1941 mit einer Arbeit über Probleme der Luftbildtriangulation langer Streifen.

Im Anschluß daran wurde er zur Heeresversuchsstelle Peenemünde eingezogen, in welcher die Entwicklung der deutschen Raketenwaffen erfolgte. H. Schmid wurde mit der Durchführung der vielfältigen Vermessungsarbeiten betraut, welche bei der Entwicklung der deutschen Raketen, insbesondere der V2, auftraten. Hier hatte er Gelegenheit, seine geodätischen, photogrammetrischen und mathematischen Kenntnisse sowie seine meßtechnische Begabung voll einzusetzen.

In Peenemünde war damals ein Stab hervorragender Wissenschaftler und Ingenieure tätig, unter denen sich auch Wernher von Braun befand. Hier erhielt der jurige Doktor viele Anregungen und konnte seine eigenen Ideen zur Diskussion stellen. Hier lernte er den von den Professoren Hopmann und Lohmann bereits 1943 gemachten Vorschlag kennen, Richtungen nach einem Flugobjekt durch photographischen Anschluß an das System der Fixsterne zu

bestimmen. Ein Verfahren, das auch in der 1947 von Väisälä publizierten Stellartriangulation enthalten ist und später von H. Schmid in verfeinerter Form auch im PAGEOS-Weltnetz verwendet wurde. Hier entwickelte er neue Verfahren der Flugbahnvermessung mit dem Kinoteodolit und mit einem von ihm vorgeschlagenen Präzisions-Phototheodolit.

Nach Kriegsende wurde H. Schmid nahe gelegt, mit einer von Wernher von Braun geleiteten Gruppe von Wissenschaftlern und Technikern in den USA in Fort Bliss in Texas und auf dem ersten US-Raketenschießplatz White Sands in New Mexico tätig zu sein. Dort wurde er erstmals Leiter der Gruppe für die Vermessung von Flugbahnen eingesetzt, mit dem Ziel, die in Peenemünde gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse zu rekonstruieren und für die US-Armee bereitzustellen. Trotz der für die deutschen Nachkriegsverhältnisse bevorzugten Behandlung war H. Schmid von dieser Tätigkeit des Repetierens nicht befriedigt. Er strebte eine Stelle an, die höhere Anforderungen stellte, und in der er auch seine wissenschaftlichen Ambitionen befriedigen konnte. Diese fand er 1950 in den Ballistic Research Laboratories (BRL) und dem zugehörigen US Army Aberdeen Proving Ground in Maryland. In dieser für die Vermessung weittragender Geschößbahnen zuständigen Dienststelle stellte H. Schmid eine aus Mathematikern, Elektro- und Mechanik-Ingenieuren bestehende Gruppe zusammen, der als Berater auch die Pioniere der elektronischen Datenverarbeitung, Prof. Neumann und Prof. Wiener, angehörten. Seiner Gruppe standen leistungsfähige, mit Röhren betriebene Computer zur Verfügung, die heute Ungetümen aus grauer Vorzeit gleichen, aber die Berechnungen für weite Flugbahnen wesentlich rascher durchführten als die vorher benutzten Maschinen. H. Schmid hatte sich mit dieser Gruppe einen Mitarbeiterstab geschaffen, der dem in Peenemünde glich, aber in der Rechenleistung weitüberlegen war. H. Schmid entwickelte in der Folge strenge Formelsysteme für die Grundaufgaben der analytischen Photogrammetrie, das heißt für die Orientierung von Aufnahmen und für die Rekonstruktion von Bahnkurven und von Objekten. Auf seine Anregung und unter seiner Leitung entstanden genauere und leistungsfähigere Geräte für die Aufnahme und die Auswertung, wie die ballistische Wildkammer BC4 und der Präzisions-Stereokomparator Wild STK 1.

Im BRL erlebte H. Schmid 1957 die Schockwirkung und Herausforderung der US-Wissenschaftler, Techniker und Militärs durch den Start von Sputnik 1 und 2. Für ihn war dies Anlaß, über den Einsatz von Satelliten für die Durchführung weltweiter geodätischer Aufgaben, insbesondere der Schaffung eines Weltnetzes, nachzudenken und Vorschläge hierfür auszuarbeiten. Als Folge seiner Aktivitäten wurde er 1962 zum wissenschaftlichen Berater des Direktors der „US Army, Geodesy, Intelligence, Mapping Research and Development Agency“ ernannt. In dieser Position konnte er seine Chefs und Mitarbeiter von der Möglichkeit und der Notwendigkeit eines weltweiten geodätischen Kontrollnetzes überzeugen. Sein Vorschlag einer geometrischen, optischen Stellartriangulation wurde angenommen und in der Folge auch vom US-Verteidigungsministerium unterstützt. Um seinen Vorschlag ausführen zu können, wurde H. Schmid 1963 zum wissenschaftlichen Berater des Direktors des US Coast and Geodetic Survey und 1966 zum Direktor für Forschung und Entwicklung im gleichen Amt bestellt. In diesen Funktionen wurde er mit der wissenschaftlichen und technischen Verantwortung für das gesamte, zum nationalen geodätischen Satellitenprogramm erklärten Weltnetz-Projekt betraut.

H. Schmid hat auf dem Weg zu diesem hohen Amt Erstaunliches geleistet. Vom dienstverpflichteten Angehörigen eines besiegten Landes ist er zum Leiter eines grundlegenden, weltweiten geodätischen Projektes aufgestiegen, das für die Wissenschaft und Praxis sowie für das Militär von großer Bedeutung war. Ein Projekt, das beitragen sollte, den USA, der Siegenation, das durch die Sputniks angeschlagene Vertrauen und das Prestige auf diesem Sektor wiederzugeben. Dieser Weg war durch harte Arbeit, ernsthaftes Studium und Ringen um Erkenntnis unter schwierigen Anfangsbedingungen gekennzeichnet. Dazu kam die Gabe, dieses verständlich zu machen, die Ausdauer bei Verhandlungen, die Redlichkeit und die auch in harten Diskussionen durchbrechende Herzenswärme und Einsicht. Durch das glückliche

Zusammentreffen dieser Eigenschaften konnte er unter vielen Tausenden von privilegierten Bewerbern zum Ziel gelangen.

Die Situation für die geodätische Forschung in den USA war in dieser Zeit des Aufholens europäischen und östlichen Fortschrittes für einen Europäer recht verwirrend. Armee, Luftwaffe und Marine suchten auf getrennten Wegen zum Ziel eines weltweiten geodätischen Netzes zu gelangen, das für die Steuerung von Raketen und Satelliten und für die Navigation von U-Booten benötigt wurde. Dazu kam die Aktivität des zivilen Coast and Geodetic Survey. Jede dieser Organisationen hatte hierfür eigene Forschungsgruppen eingerichtet, die verschiedene Systeme entwickelten. Die Armee befaßte sich mit SECOR (Sequential Collation of Ranges), einem Trilaterationssystem, bei dem Entfernungen gleichzeitig vom Satelliten nach 4 oder mehreren Erdstationen gemessen werden konnten. Die Marine entwickelte das Dopplersystem NNSS (Navy Navigation Satellite System), bei dem wie beim Vorschlag von Prof. Wolmann in Peenemünde Dopplerfrequenzen verwendet wurden. In der Luftwaffe wurde eine Stellartriangulation mit einer langbrennweitigen Kammer BC 1000 und Lichtblitzen erprobt. Diese Systeme standen in Konkurrenz, die Erprobung fand in verschiedenen Testfeldern statt, die oft geodätisch nicht verbunden waren. Ein Vergleich der Ergebnisse war daher oft nicht möglich. In dieser Situation entwickelte H. Schmid unter Benutzung seiner in Peenemünde und in Aberdeen (BRL) gewonnenen Erfahrungen mit der photogrammetrischen Stellartriangulation, strenge physikalische und mathematische Modelle für die einzelnen Phasen der Aufnahme und Berechnung und führte Untersuchungen zur Auffindung optimaler Konfigurationen durch.

Das daraus entstandene Weltnetz ist ein mit Hilfe eines passiven geodätischen Satelliten (Durchmesser 30 m, Höhe 4080 km) geschaffenes, geometrisches Richtungsnetz mit 45 über die gesamte Erde verteilten Punkten. Der Maßstab wurde durch Messung von 6 Basen in der Länge von (2000 bis 4000) km, davon 2 in den USA, 2 in Australien und je eine in Europa und Afrika, bestimmt. Eine Fehlerdiskussion ergab für orientierte Richtungen im Zentralbereich der Aufnahmen von  $\pm 0,3''$ , für Basislinien  $\pm 1,5$  ppm und von  $\pm 1,5$  ppm für die Lage und  $\pm 2,0$  ppm für die Höhen. Die Feldarbeiten für das gesamte Projekt dauerten von Juni 1966 bis September 1971, die Berechnungen wurden 1972 abgeschlossen. Nach dem erfolgreichen Abschluß des PAGEOS-Projektes war H. Schmid erst Berater und dann Direktor für Forschung und Entwicklung im US-Coast and Geodetic Survey und als solcher für die geodätischen Arbeiten bei der Apollo-Mondmission verantwortlich.

Nach 29-jährigem Aufenthalt in den USA erhielt der inzwischen zum US-Staatsbürger gewordene H. Schmid eine Berufung also. Professor für Photogrammetrie am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an die ETH Zürich. Er nahm diese an und wirkte bis zu seiner Emeritierung 1984 an diesem traditionsreichen Lehrstuhl als Nachfolger von Prof. Dr. H. Kasper. Er befaßte sich in dieser Zeit mit Problemen der analytischen Photogrammetrie, dem Einsatz des analytischen Plotters und der Anwendung von neueren Verfahren der Matrizenalgebra und der Statistik in der Photogrammetrie und Geodäsie. Ausgestattet mit den reichen Erfahrungen seiner wissenschaftlichen und praktischen Tätigkeit an vorderster Front konnte er nun in seiner Heimat Europa tätig sein und eine reiche Ernte einbringen. Auch hatte er nun wieder die Möglichkeit, seine geliebten Berge öfters zu besuchen und in diesen viel Versäumtes nachzuholen. Seine in den USA geborene Tochter Monika, die vom Vater die Liebe zur Natur und zur sportlichen Betätigung sowie Temperament und Verstand geerbt hat, sorgt als Forstingenieurin mit ihrem als Geologen tätigen Mann für die Erhaltung des so lebenskräftigen Schmid'schen Stammes in den USA und für die Verbindung zwischen neuer und alter Heimat.

Die Leistungen von H. Schmid wurden weltweit anerkannt. 1968 wurde ihm die höchste Auszeichnung der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, der Brock-Preis, verliehen, 1973 wurde er zum korrespondierenden Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gewählt und 1971 mit der Würde eines Dr.-Ing. h. c. der Universität Bonn geehrt. In den USA erhielt er 1965 die Colbert-Medaille der Society of American Military Engineers, 1973

wurde er korrespondierendes Mitglied der American Geophysical Union, 1973 erhielt er von der NASA den Group Achievement Award für die erfolgreiche Ausführung der photogrammetrischen Aufnahme des Mondes während der Apollo-Flüge 15, 16 und 17. Über siebzig vielbeachtete Publikationen sind Beweis für seine wissenschaftliche Schaffenskraft.

### **Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille**

Sehr geehrte festliche Versammlung!

Aus der soeben vorgetragenen Laudatio geht eindrucksvoll hervor, daß H. Schmid eine außerordentlich bemerkenswerte Persönlichkeit ist, der die geodätische und photogrammetrische Fachwelt hervorragende Leistungen auf den Gebieten der Photogrammetrie und Geodäsie verdankt. Es sind dies die präzisen, allgemeinen analytischen Lösungen der für die Orientierungs- und Rekonstruktionsaufgaben der Photogrammetrie, die Bestimmung des ersten globalen geodätischen Kontrollpunktsystems, das als PAGEOS-Weltnetz in die Geschichte der Geodäsie Eingang gefunden hat und die damit gezeigte Anwendung eines photogrammetrischen Verfahrens für eine Grundaufgabe der Erdmessung sowie fundamentale Betrachtungen zur Ausgleichung und Orientierung von räumlichen Netzsystemen.

In Würdigung dieser Leistungen hat die ÖKIE am 16. Juni 1985 den einhelligen Beschluß gefaßt, die dritte Friedrich-Hopfner-Medaille an

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hellmut Schmid

zu verleihen.

Ich habe die Ehre, diesen Beschluß zu vollziehen, indem ich diesen öffentlich bekanntgebe und dem Geehrten die Friedrich-Hopfner-Medaille überreiche. Ich verbinde diese Handlung mit meinen herzlichen Glückwünschen und gebe meiner Freude darüber Ausdruck, daß es mir vergönnt war, diese Feier für meinen Freund aus vergangenen Tagen auszurichten und ihm als erster zur neuen Ehrung zu gratulieren.

### **Raketenentwicklung und Satellitengeodäsie\*)**

Von Prof. Dr. H. Schmid, Zürich

\*) Manuskript des Festvortrages, der von Prof. Dr. H. Schmid im Anschluß an die Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille an ihn am 25. April 1986 an der Technischen Universität Wien gehalten wurde.

Sehr geehrter Herr Rektor.

Sehr verehrter Herr Präsident der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und deren sehr geehrte Mitglieder.

Meine lieben Herrn Kollegen und Angehörige der Universitäten.

Sehr geehrte Herrn Vertreter der Vermessungsbehörden und Vermessungsbüros von Österreich.

Meine sehr geehrten Damen und Herren.

Zunächst möchte ich mich für die Ehrung, die mir soeben mit der Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille durch den Präsidenten der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung zuteil wurde, recht herzlich bedanken. Auch für die von Univ.-Prof. Dr. mult. Rinner verlesene Laudatio und die darin zum Ausdruck kommende Würdigung meiner Person darf ich meinen herzlichen Dank aussprechen. Ich bedanke mich für diese wohlgemeinte und dementsprechend von mir in geziemender Bescheidenheit aufgenommene Wertschätzung. Wenn ich mir nun erlauben darf, einige technische Bemerkungen zur Bedeutung

der geodätischen Disziplin für die Raketenentwicklung bzw. die Entwicklung der Satellitentechnik zu machen, freue ich mich dabei, meine Achtung für die Person auszudrücken, deren Namen die mir überreichte Medaille trägt.

Als ich ziemlich jung und beruflich unerfahren aufgrund glücklicher Umstände 1941 zu der Heeresversuchsanstalt Peenemünde, dem damaligen Zentrum für Raketenentwicklung in Deutschland, als Meßingenieur dienstverpflichtet wurde, wurde mir in theoretischer Hinsicht das Buch „Physikalische Geodäsie“ von Friedrich Hopfner zu einer Art Rettungsanker. Mit meinem Studium des Vermessungswesens wurde mir – zumindest aus heutiger Sicht – nur ein recht bescheidenes Wissen auf dem Gebiet der „Höheren Geodäsie“ vermittelt. Vor allem fußten die vorgetragenen Grundgedanken dieses Fachzweiges fast ausschließlich auf geometrischen Modellvorstellungen. Nur am Rande wurde man davon unterrichtet, daß geodätische Beobachtungen, die der Lösung von fundamentalen Aufgaben auf diesem Gebiete dienen sollten, aufgrund der Theorie der Isostasie zu korrigieren seien. In der angewandten Geodäsie wurden somit die geodätischen Grundlagen im wesentlichen auf geometrisch definierten Annahmen aufgebaut.

Im Gegensatz dazu soll als Ausgangspunkt der heutigen Bemerkungen die Tatsache vorangestellt werden, daß die Flugbahn einer Rakete im Rahmen eines großräumigen physikalischen Experimentes zu verstehen ist. Darauf beruht letztendlich auch die Möglichkeit, eine Brücke zu schlagen zwischen der Raketenentwicklung und der Satellitengeodäsie.

Die Vermessung einer Raketenbahn und damit auch die entsprechende Interpretierung der Resultate einer solchen Vermessung muß also unter Berücksichtigung gewisser physikalischer Parameter geschehen. Geodätisch gesehen ist darin auch das Problem enthalten, das mathematische Bezugssystem der Flugbahnvermessung in Verbindung mit dem Schwerfeld der Erde zu definieren, wie auch die Form der Flugbahn grundsätzlich vom Schwerfeld bestimmt wird. Die Interpretation der Flugbahn einer Rakete, z. B. ausgedrückt durch Ort-/Zeit-Koordinaten des Flugkörpers, muß also aufgrund potential-theoretisch gesicherter Grundlagen erfolgen.

Geht man zunächst von einer einfachen Darstellung unseres Problems aus, nämlich von den Bedingungen der Wurfbewegung im luftleeren Raum bei unveränderter Fallbeschleunigung und ohne Berücksichtigung der Erdkrümmung und Erddrehung, so erkennt man aus den entsprechenden Elementarformeln u. a. die Tatsache, daß die „Wurfweite“ mit dem Quadrate der Abwurfgeschwindigkeit anwächst. Nun galt es bereits in den vierziger Jahren in den sich mit der Raketenentwicklung befassenden Kreisen als ein erstrebenswertes Ziel, die Geschwindigkeit beim Abschluß einer Rakete, die sogenannte Brennschlußgeschwindigkeit, bis zu einem Werte zu steigern, der es einem mit einer solchen Geschwindigkeit in den Raum geschleuderten Flugkörper ermöglicht, in der Zeiteinheit eine Entfernung zurückzulegen, die, wenn vektoriell mit der durch die Schwerkraft bewirkten Komponente des freien Falls vereint, den Flugkörper auf einer die Erde umkreisenden Bahn hält.

Eine Satellitenbahn ist also im Sinne der eingangs gemachten Äußerungen nichts anderes als ein weiterer Wurf. Die Flugbahn muß allerdings unter dem Einfluß der anfänglich als vernachlässigbar angenommenen Parameter, vor allem der räumlichen Variabilität des Schwerfeldes, der sogenannten Erdkrümmung, der Erddrehung sowie einigen in die Aeronomie gehörigen Größen und u. a. dem Strahlungsdruck der Sonne, verstanden werden.

Diese Feststellung ist aber auch umkehrbar. Aus einer genügend genauen und geophysikalisch sinnvollen Bahnvermessung lassen sich durch Vergleich mit einem entsprechenden mathematischen Ausdruck für die Umlaufbahn, die in diesem Modell auftretenden Parameter quantitativ, und bei Anwendung einer Ausgleichung auch in statistischer Hinsicht bestimmen. Da die genannten Einflußgrößen zu einem wesentlichen Teil geodätischer Natur sind, liegt in dieser Tatsache die Substanz der heutigen dynamischen Satellitengeodäsie. In anderen Worten: Die Interpretation der Vermessungsergebnisse von Umlaufbahnen erdnaheer Satelliten kann für die quantitative und qualitative Bestimmung von geodätischen Parametern Verwendung

finden, eingeschlossen die Festlegung von räumlichen Lagekoordinaten der Stationen, von denen die Bahnvermessung ausgeführt wurde. Damit verbunden ist die Möglichkeit der Erstellung eines globalen geodätischen Bezugssystems.

In bezug auf einen Raketenabschuß, d. h. wie erwähnt, eines großräumigen physikalischen Experimentes, erschienen mir die von Hopfner geäußerten Gedanken besonders wegweisend, wobei den Bestrebungen von Clairaut, die Bestimmung einer mathematischen Erdfigur als spezielle Aufgabe der Theorie der Gleichgewichtsfiguren zu betrachten, die Theorie von Bruns, d. h. das Problem der Niveauflächen, gegenüber gestellt wird. Hopfners Hinweis, daß dabei der Einfluß der terrestrischen Gezeiten, wie sie von Sonne und Mond erzeugt werden, bei der Darstellung der Niveauflächen unberücksichtigt bleibt, ist für die Zwecke der Raketenentwicklung belanglos. Wichtig dagegen erschien, daß die Theorie von Bruns, ohne irgendwelche Voraussetzungen in bezug auf die Massenverteilung im Erdinnern zu fordern, das Problem der Niveauflächen behandelte. Somit war es auch möglich, an die allgemeinen Grundlagen der Potentialtheorie anzuknüpfen. In Verbindung mit der von Hopfner als mathematisches Hilfsmittel vorgestellten allgemeinen Kugelfunktion und deren Verwendung bei der Entwicklung des Erdpotentials in eine nach Kugelfunktionen fortschreitende Reihe, erhielt man für die Flugbahnberechnung eine rechentechnisch relativ einfach zu handhabende Methode zur quantitativen Darstellung des Schwerefeldes im Raume, welcher von der unter Entwicklung stehenden Rakete durchflogen wurde. Als geodätische Bezugswerte an der Oberfläche standen die Ergebnisse der damals im Gebiet der Ostseeländer ausgeführten wissenschaftlichen geodätischen Arbeiten zur Verfügung, ergänzt durch Spezialmessungen des Reichsamtes für Landesaufnahme im Gebiet der Raketenschußbahn längs der deutschen Ostseeküste.

Wenn auch die Treffgenauigkeit der Rakete für den militärischen Einsatz nicht durch extreme Anforderungen gekennzeichnet war (Längs- und Seitenablage 1 % der Schußweite), so mußten die durch die Flugbahnvermessung bereitgestellten Messungsunterlagen, welche der Interpretation des Schußexperimentes dienen sollten, einmal, wie erwähnt, auf potentialtheoretisch gesicherten Grundlagen basieren, zum anderen mußten sie genau genug sein, damit sich gewisse kritische Parameter, wie z. B. die sich beim Abschalten des Antriebs ergebende sogenannte Brennschlußgeschwindigkeit mit für die Entwicklung nötiger Genauigkeit berechnen ließen. Gerade die Bestimmung der für die Flugbahn so ausschlaggebenden Antriebsgeschwindigkeit ist auch aus meßtechnischen Gründen bemerkenswert. Die von Prof. Wolmann, Institut für Fernmeldetechnik an der TH Dresden, erfundene Dopplermessmethode kam für die Bestimmung dieses Parameters routinemäßig zum Einsatz. Dieses Verfahren konnte somit nicht als Kontrollmessung verwendet werden, war es doch einmal die Aufgabe, durch den Einsatz von typisch vermessungstechnischen Instrumentariums den metrischen Charakter des Dopplerverfahrens zu erhärten, zum anderen die Eignung der Dopplermethode für den Abschaltvorgang unter Beweis zu stellen.

Wie leicht einzusehen, ist die Ableitung der für die Beurteilung der Antriebsflugbahn wichtigen Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurven, durch die ein- bzw. zweimalige Differenzierung der Orts-Zeit-Koordinaten der vermessenen Punkte der Antriebsbahn eine von der Fehlerfortpflanzung her undankbare Aufgabe. Schlußendlich kam mir der Gedanke, die Freiflugbahn als geeigneten Integrator zu benutzen und die Brennschlußgeschwindigkeit aus einer Anzahl von vermessenen Punkten der Freiflugbahn zurückzurechnen. Voraussetzung war die Bahnvermessung eines geeigneten Teiles der Freiflugbahn der Rakete. Da aus Genauigkeitsgründen nur photogrammetrische Kammern mit zeitgesteuerten Rotationsverschlüssen in Frage kamen, mußte die photographische Sichtbarkeit der Rakete möglich gemacht werden. Nach langwierigen von Fehlschlägen gekennzeichneten Versuchen mit pyrotechnischen Hilfsmitteln kam ich schließlich — und eigentlich durch Zufall — auf die Idee, das von der Rakete reflektierte Sonnenlicht zu nutzen, eine sehr wirksame Methode, die allerdings einschränkende Bedingungen an die Zeitspanne des Abschusses mit sich brachte.



(Rakete noch sonnenbestrahlt, Meßapparatur bereits im Erdschatten). Das Prinzip der Vermessung beruht auf der Interpolation der räumlichen Richtungen nach den Raketenbahnpunkten in das mit abgebildete Feld der Fixsterne. Diese räumliche Triangulationsmethode war mir auf dem Schießplatz Rügenwalde von den Herren Prof. Lohmann und Hopmann bei der erfolgreichen Vermessung von mit Leuchtspur versehenen Geschossen demonstriert worden. Der routinemäßige Einsatz dieser Meßmethode wurde durch das Kriegsende verunmöglicht.

Mit den Grundlagen dieser Meßmethode war jedoch die Voraussetzung für die später auszuführende geometrische Satellittriangulation gegeben, die u. a. auch zur Bestimmung der räumlichen Lage von 49 global verteilten Stationen führte.

Mit der bisher vorgetragenen Darstellung wollte ich Ihnen zeigen, wie das Problem der Flugbahnvermessung — ein nicht unwichtiger Bestandteil der Gesamtentwicklung der Rakete — von den zu jener Zeit vorhandenen Überlegungen auf dem Gebiete der geophysikalischen Geodäsie profitierte. Dabei waren die Erkenntnisse von Friedrich Hopfner von großem Wert. Auf der mehr praktischen Seite wurde das Raketenentwicklungsprogramm in Peenemünde durch den Einsatz von vermessungstechnischen Apparaturen und der Verwendung erprobter Meßmethoden der Vermessungskunde entscheidend unterstützt. Der praktische Verlauf dieser Einsatzphase geschah im wesentlichen nach dem Motto, das Prof. Barkhausen, Ordinarius für Schwachstromtechnik an der TH Dresden und eine weltberühmte Pionierfigur auf dem Gebiet, das heute Elektronik heißt, mir beim Abschied mit auf den Weg nach Peenemünde gab. Sein Ratschlag ist mir noch heute in historischer Sicht erinnerungswert, gerade weil er von einem damals führenden Mann der Elektrizitätstechnik kam. Prof. Barkhausen sagte zu mir: „Man fange nichts elektrisch an, was man auch mechanisch kann.“

Die Fortsetzung der Raketenentwicklung und damit auch der erwähnten Aspekte der Entwicklung spezifischer Meßverfahren ließ in den USA zunächst auf sich warten. Die Verzögerung kann meiner Meinung nach zu einem guten Teil damit erklärt werden, daß man in den Kreisen, die auf dem militärischen Sektor entwickelungstechnische Entscheidungen treffen mußten, sich nicht einigen konnte, ob die Rakete als eine Art unorthodoxe Kanone oder als unbemannter Bomber zu gelten hatte.

Persönlich konnte ich meinen Transfer von der v. Braun'schen Gruppe zu den Ballistic Research Laboratories (BRL) an der Ostküste von Maryland bewirken. Diese Organisation war unter anderem für die Entwicklung von Meßverfahren verantwortlich, die für die Aufgabe der Flugbahnvermessung von Sondergeräten geeignet waren. Aufgrund der bei den BRL großzügigen Einstellung in bezug auf den Arbeitseinsatz des Einzelnen, konnte ich, da das Computing Centre im BRL als die Wiege des elektronischen Rechnens anzusehen ist, mich frühzeitig (1950) mit dem Potential dieser Rechenart vertraut machen. Dazu kamen die Einblicke, die mir im Ballistic Measuring Laboratory (BML) in die modernste Methodik der verschiedenen Meßverfahren möglich waren. U. a. wurde das bei Kriegsende in den USA unbekanntes Dopplerverfahren unter Anwendung der schon damals hochstehenden Kenntnisse auf dem Gebiet der Elektronik in bezug auf praktischen Einsatz und Datenverarbeitung weiter entwickelt. Rückblickend möchte ich sagen, daß diese Zeit eine ausgezeichnete Vorbereitung für die Aufgaben war, die mit dem Abschluß von erdnahen Satelliten eingeleitet wurde und die von Anfang an u. a. der Bestimmung globaler geodätischer Information diente. Die in der Folge stattfindende Gesamtentwicklung auf diesem Gebiete hat neben dem Mondprogramm zu einer fast verwirrenden Anzahl von Versuchen mit Satelliten geführt. Die meisten dieser Experimente sind dadurch gekennzeichnet, daß der Satellit als Träger spezifischer Apparaturen zum Einsatz kommt, wobei die Kenntnis seiner Bahn, oft ohne hohe Genauigkeitsansprüche, lediglich der Zuordnung der Versuchsergebnisse nach Ort und Zeit dient. Wie schon aus den anfänglich gemachten Äußerungen hervorgegangen war, ist ein geodätischer Satellit dagegen vom Prinzip her als ein Massenpunkt zu betrachten, der unter dem Einfluß von geodätisch-geophysikalischen Parametern der Erde eine Umlaufbahn beschreibt. Es ist die Umlaufbahn,

die in ihrer zeitabhängigen Form die gesuchte Information enthält. Wenn auch in der Praxis der geodätische Satellit für die Vermessung seiner Bahnkurve Komponenten mit sich trägt, die der spezifischen zur Anwendung kommenden Bahnvermessungsmethode dienen (verschiedene Reflektoren für optische und/oder elektronische Vermessung, oder eventuell auch autark arbeitende Meßinstrumente wie Laserentfernungsmesser oder Instrumentation zur Schwere-messung), so liefert, vom grundsätzlichen Standpunkt betrachtet, die nach Ort und Zeit genaue Bestimmung der Bahnkurve eines solchen Satelliten wertvolle Information für die geodätische Disziplin. Die Resultate sind aufgrund der nunmehr möglichen geophysikalischen Interpretation sowohl für praxisbezogene Anwendung als auch für theoretische Studien geeignet. Die Periode der „Höheren Geodäsie“, die sich auf Hypothesen stützen mußte, wurde durch die geophysikalische Aussagefähigkeit der Satellitenbahn abgelöst. Messungen und deren statistische Aufarbeitung sind an Stelle hypothetischer Annahmen getreten.

Zu Beginn hatte ich versucht darzustellen, wieso und inwieweit die Raketenentwicklung von theoretischen Kenntnissen der Höheren Geodäsie profitierte und wie die für diese Entwicklung unerläßliche Flugbahnvermessung aufgrund geodätischer Prinzipien und vermessungskundlicher Erfahrung ausgeführt werden konnte. Es war die Zeit des „Gebens“ seitens der Vermessung, wie diese Art des Beitrags zu technischen Entwicklungen typisch ist. Im Falle der Raketenentwicklung ergab sich bereits aus dieser Phase eine für die Meßtechnik erfreuliche Dividende mit der Entwicklung eines zum Gebiet der Hochzieltriangulation gehörenden photogrammetrischen Präzisions-Meßverfahrens und — meiner Meinung nach besonders wichtig — die Anfangsentwicklung der elektronischen Dopplermethode. Die Phase der eigentlichen Nutznießung der Raketenentwicklung seitens der Geodäsie kam jedoch erst mit dem Abschluß von Satelliten. Nicht nur konnten nun geodätische Vorstellungen auf globaler Basis verwirklicht werden, sondern die Satellitenflugbahn selbst ermöglicht aufgrund ihres geophysikalischen Charakters für die Geodäsie im Zusammenhang mit der Schaffung globaler geodätischer Bezugssysteme die praktisch hypothesenfreie Bestimmung geophysikalisch bedeutsamer Parameter. Dem Gebiet der Geophysik bzw. den entsprechenden Untersuchungen wird durch die Bereitstellung derartiger geodätischer Größen vor allem dadurch geholfen, daß die geodätischen Resultate nicht mehr aufgrund von geophysikalischen Hypothesen bestimmt werden müssen, sondern aus Messungen der Flugbahn von in der physikalischen Wirklichkeit existierenden materiellen Flugkörpern abgeleitet werden können.

Überzeugt bin ich, daß die Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung die zweifellos wünschenswerte heutige geodätisch-geophysikalische Entwicklung durch bemerkenswerte Beiträge weiter fördern wird und damit den Einfluß fortsetzt, der durch die Ideen von Friedrich Hopfner für die Raketenentwicklung von großem Nutzen war.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, ich danke Ihnen allen für Ihre Anwesenheit und Aufmerksamkeit.