

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 86 (1988)

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

**Artikel:** Über die Bedeutung der klassischen Geodäsie

**Autor:** Rinner, K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-233776>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

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

- [6] Grafarend, E. 1978. Dreidimensionale geodätische Abbildungsgleichungen und die Näherungsfigur der Erde. ZfV 3/ 78, p 132–140.
- [7] Gurtner, W., M. Rothacher, G. Beutler, A. Geiger, H.-G. Kahle, D. Schneider 1986. The 1985 Swiss GPS-Campaign. In: Proceedings of 4th Int. Geod. Symp. Sat. Pos., Austin, Texas, Vol 2, p. 979–991.
- [8] Hein, G.W. 1982a. A Contribution to 3d-Operational Geodesy (Part 1: Principle and Observational Equations of Terrestrial Type). DGK, Reihe B, Nr. 258/VII, p. 31–64.
- [9] Hein, G.W. 1982b. A Contribution to 3d-Operational Geodesy (Part 2: Principles of Solution). DGK, Reihe B, Nr. 258/VII, p. 65–85.
- [10] Hein, G.W., H. Landau 1983. A Contribution to 3d-Operational Geodesy (Part 3: OPERA – A Multi-Purpose Program for Operational Adjustment of Geodetic Observations of Terrestrial Type). DGK, Reihe B, Nr. 264.
- [11] Helmert, F. 1880. Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie. Teil 1 und 2. Teubner, Leipzig.
- [12] Moritz, H. 1980. Advanced Physical Geodesy. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- [13] Müller, M. 1986. Integrierte Geodäsie, Methode und ihre Anwendung im Präzisionsversuchsnetz Turtmann (unter spezieller Berücksichtigung von geodätischen Satellitenbeobachtungen). IGP-Bericht Nr. 111.
- [14] Schneider, D., N. Wunderlin 1981. RAUMTRI: Dreidimensionale Netzausgleichung in einem geozentrischen kartesischen Koordinatensystem (Programmbeschreibung/Benutzeranleitung). IGP-Bericht Nr. 45.

Adresse der Verfasser:  
 Prof. Dr. H.-G. Kahle  
 Dipl. Verm.-Ing. ETH Max V. Müller  
 Institut für Geodäsie und  
 Photogrammetrie  
 ETH-Hönggerberg  
 CH-8093 Zürich

## Über die Bedeutung der klassischen Geodäsie

K. Rinner

**Die Geodäsie liefert theoretische und praktische Grundlagen für viele Geo- und Ingenieurwissenschaften. Ihre Aussagen sind Fundamente, auf welchen andere Wissenschaften sowie die Verwaltung, die politische und die militärische Führung aufbauen.**

In den letzten Jahrzehnten hat die stürmische Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auch die Geodäsie erfasst und zu neuen Verfahren und Instrumenten geführt. Durch diese wurde sie in die Lage versetzt, ihre Ergebnisse in grösserer Allgemeinheit, mit höherer Genauigkeit und in kürzerer Zeit zu gewinnen. Gegenüber den alten Verfahren unterscheiden sie sich durch eine wesentlich grössere Fülle von Messdaten, durch geringe Transparenz in der Messung durch kompliziertere Modelle für die Berechnung und Interpretation und in der Abhängigkeit von den Weltmächten. Zur Unterscheidung werden in der Folge die alten Verfahren als klassisch bezeichnet, weil sie einer ausgewogenen, in Form und Inhalt möglichst ausgereiften Lösung entsprechen, während die neuen Verfahren unter dem Namen neuzeitliche Geodäsie zusammengefasst werden.

In der Folge wird nach einer Einleitung erst das Wesen der Geodäsie diskutiert. Hierauf werden aktuelle geodätische Aufgaben sowie geodätische Verfahren und Instrumente der klassischen und neuzeitlichen Geodäsie beschrieben. Anschliessend folgt der Versuch, eine Wertung zwischen diesen durchzuführen und die Ergebnisse darzustellen.

Diese besagen, dass die klassischen Verfahren auch im Zeitalter der neuzeitlichen Geodäsie ihren Platz haben und Theodolite, Tachymeter und analoge photogrammetrische Geräte noch lange in den technischen Büros und Ämtern gebraucht werden und nicht reif für die Abstellkammer sind. Durch die neuzeitlichen Verfahren wird die Leistungsfähigkeit der Geodäsie wesentlich erhöht. Diese muss jedoch bemüht sein, ihre bisherige Berufsethik zu erhalten und auf die neuzeitliche Geodäsie zu übertragen. Denn die Geodäsie würde das in jahrhundertelanger Tätigkeit erworbene Vertrauen als Notar der Erde und damit einen wesentlichen Bestandteil ihrer Existenzgrundlage verlieren, wenn sie von der Ethik der vollen Vertrauenswürdigkeit abgehen würde.

### 1. Einleitung

Die Geodäsie befasst sich mit der Ausmessung der Erde und der darauf befindlichen Objekte. Sie hat den Menschen von Anbeginn an begleitet und ist eine der ältesten wissenschaftlichen und technischen Disziplinen. Denn ihre Aufgabe, die Bestimmung der Figur der Erde, auf der wir leben, und die Beschreibung und Einteilung unseres Lebensraumes gehört zu den Grundaufgaben des Menschen.

Die nachweisbare Geschichte der Geodäsie beginnt vor etwa 5000 Jahren, ihre Entwicklung erfolgte in gemächlichen weiten Schritten in Funktion des allgemeinen wissenschaftlichen und technischen Fortschrittes. Dabei wurden Instrumente und Verfahren für die Messung, Berechnung und Interpretation entwickelt, welche nach dem jeweiligen Stand der Erkenntnis Vollkommenheit besitzen und zu mehrfach überprüften, nach menschlichem Ermessen fehlerfreien Ergebnissen führten. Der Geodät war bemüht, als Notar der Erde getreulich über ihre geometrischen und gewisse physikalische Eigenschaften zu berichten [Rinner 1978].

In den letzten Jahrzehnten hat die stürmische Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auch die Geodäsie erfasst und zu neuen Verfahren und Instrumenten für diese geführt. Durch neue Erkenntnisse, neue Mess- und Rechenverfahren, durch Computer, Automation, Satelliten und die Raumfahrt sowie durch die Atomenergie wurde die vorher bestehende ruhige Phase der Entwicklung von

*La géodésie fournit des données théoriques et pratiques à de nombreuses sciences de la Terre ou sciences appliquées. Ses résultats sont des informations de base pour d'autres sciences, ainsi que pour l'administration politique ou la conduite d'opérations militaires.*

*Au cours de ces dernières décennies, le développement rapide des sciences et de la technique a aussi touché la géodésie en lui fournissant des méthodes et des instruments nouveaux. Grâce à ceux-ci, la géodésie a pu mettre ses résultats à la disposition de toute la communauté avec une plus haute précision et dans un délai plus court. Par rapport aux anciens procédés, les techniques modernes se caractérisent par un très grand nombre de données, par une moindre transparence des processus de mesure, par des modèles mathématiques plus compliqués pour le traitement et l'interprétation et enfin, par une dépendance à l'égard de certaines puissances mondiales. Les anciennes démarches seront par la suite désignées comme classiques parce qu'elles fournissent des solutions équilibrées et éprouvées quant à la forme et au contenu, tandis que les nouveaux procédés seront rassemblés sous le terme de géodésie moderne.*

*Après une introduction, l'essence même de la géodésie sera d'abord discutée. Les tâches actuelles, ainsi que les méthodes et instruments de la géodésie classique et moderne seront décrits. On essaiera enfin d'évaluer toutes les méthodes et de présenter les résultats.*

*Il en résulte que les méthodes classiques ont encore place à l'ère de la géodésie moderne et les théodolites, tachéomètres et appareils analogiques de photogrammétrie seront encore employés longtemps dans les bureaux techniques et les administrations; ils ne sont pas encore mûrs pour le débarras. Grâce aux procédés modernes, l'efficacité de la géodésie est notablement augmentée. Cette dernière doit cependant s'efforcer de conserver son éthique professionnelle et de la reporter sur la géodésie moderne. Car la confiance que la géodésie s'est acquise au cours des siècles comme notaire de la Terre, et par là une part importante de sa raison d'exister, serait perdue si elle s'écarterait de l'éthique d'un mérite total de confiance.*

einer neuzeitlichen, dynamischen abgelöst [Rinner 1981].

Obwohl die alten Verfahren durch mehrfach kontrollierte Mechanismen gegenüber den neuen und diese durch die Möglichkeit der Gewinnung allgemeinerer, vollständigerer Daten mit grösserer Genauigkeit und geringerem Zeitbedarf gekennzeichnet sind, existiert zwischen beiden keine Grenzlinie, sondern eine fließende Grenze oder ein gemeinsames Intervall. Aber es scheint ohne Zweifel richtig, die Erstgenannten als klassisch zu bezeichnen, wenn das Wort klassisch im Sinne eines ausgewogenen, in Form und Inhalt möglichst vollkommenen, ausgereiften und mustergültigen Zustandes verstanden wird (siehe Grosser Duden Lexikon). Grob vereinfachend dieser Definition folgend, endet die klassische Geodäsie mit den ausgereiften Verfahren der Triangulierung und Trilateration, der analogen Photogrammetrie und der Einführung physikalischer, astronomischer und gravimetrischer Verfahren zur Bestimmung der Erdfigur und der ersten Version eines geodätischen Weltsystems. Zum Intervall der Überlappung gehören die Streckenmessung mit elektromagnetischen Wellen und die ersten Generationen der Computer.

In der Folge hat sich die Geodäsie in ein Informationssystem gewandelt, das über die geometrische Form und bestimmte Parameter der Erdoberfläche sowie der darauf und im Ausserraum befindlichen Objekte und deren Veränderungen in Funk-

tion der Zeit (möglichst in Echtzeit) Auskunft gibt. Schliesslich sollen Verfahren der Geodäsie auch für die Ausmessung der Planeten und der Monde des Sonnensystems Anwendung finden.

Ein weiterer Unterschied zwischen klassischer und neuzeitlicher Geodäsie liegt in der Zahl der verfügbaren Messdaten. In der klassischen Geodäsie ist die Zahl der Messdaten zwischen festen Objekten überbestimmt, aber übersehbar. Die neuzeitliche Geodäsie steht vor der Aufgabe, eine um viele Zehnerpotenzen höhere und sich laufend vermehrende Anzahl von Messdaten zwischen sich bewegenden Objekten zu gewinnen und zu verarbeiten. Die klassische Geodäsie kann nur einen bestimmten stabilen Zustand feststellen. Sie ist also statisch; die neuzeitliche ist aber in der Lage, auch dynamische Zustände zu erfassen.

Die bisherigen Betrachtungen führen zur Frage, welchen Wert die klassischen Verfahren in der Phase der neuzeitlichen (advanced) Geodäsie besitzen. Haben jene recht, welche den Theodoliten, das Hauptinstrument der klassischen Geodäsie, in die Abstellkammern verweisen wollen? Oder haben die klassischen Verfahren auch in der Geodäsie der Satellitensysteme ihre Berechtigung? Es ist daher sicherlich gerechtfertigt, diese Fragen zu untersuchen und die offenbar vorliegende Synthese zwischen beiden zu suchen. Dieser Aufgabe sind die folgenden Ausführungen gewidmet.

## 2. Was ist Geodäsie?

Dem Namen nach ist die Geodäsie die Lehre von der Ausmessung und Einteilung der Erdoberfläche. Ihr obliegt die Bestimmung der Figur der Erde und die Erfassung der auf der Erdoberfläche und im Ausserraum befindlichen natürlichen und künstlichen Objekte sowie deren Darstellung in digitalen Modellen, Tabellen und Plänen. Da für diese Aufgaben auch die Schwerkraft benötigt wird, gehört auch die Bestimmung der Parameter der Schwerfelder zu den Aufgaben der Geodäsie. Schliesslich soll die Geodäsie auch die zeitlichen Änderungen der genannten geometrischen und gravimetrischen Parameter bestimmen und ihre Aktivitäten auch für die übrigen Planeten und Monde des Sonnensystems ausführen. In kürzerer Form kann deshalb die Geodäsie als Lehre von der geometrischen und gravimetrischen Ausmessung der Erde und der anderen Himmelskörper des Sonnensystems in einem zeitabhängigen dreidimensionalen Raum bezeichnet werden.

Die Geodäsie liefert theoretische und praktische Grundlagen für viele Geo- und Ingenieurwissenschaften, welche für die Fortentwicklung von Theorien und zur wirtschaftlichen Erschliessung benötigt werden. Ihre Aussagen sollen daher Fundamenten gleichen, auf welche Geo- und Ingenieurwissenschaften sowie die Verwaltung und auch die politische und militärische Organisationen ihre Gebäude errichten können.

Aus diesen Gründen müssen die Ergebnisse der Geodäsie mehrfach abgesichert und nach menschlichem Ermessen richtig sein. Der Geodät gleicht einem Notar der Erde, der über geometrische und andere physikalische gravimetrische Eigenschaften der Erde getreulich berichtet, und dessen Berichte als wahr genommen werden können.

Die Geodäsie hat eine polare Struktur. Als Naturwissenschaft gibt sie die Antwort auf die Frage nach der Figur der Erde und ihren geometrischen und gravimetrischen Parametern. Als Ingenieurwissenschaft und Technik nimmt sie an der wirtschaftlichen Erschliessung sowie der Nutzung und Verwaltung von Rohstoff- und Nahrungsquellen und auch an der politischen und militärischen Lenkung teil. Sie hat zwei tiefe Wurzeln, deren eine aus der menschlichen Neugierde und aus der ewigen Frage folgt: «Wie sieht die Erde aus, auf der wir leben?», und deren zweite durch die Notwendigkeit begründet ist, unseren Lebensraum zu erfassen und für die Benutzung aufzuschliessen. Beide Wurzeln führen in die Anfänge der Menschheit, die geodätische Aktivität kann daher als Urhumanum angesehen werden, das den Menschen von Anfang an begleitet und dies auch in Zukunft tun wird.

Die beiden geodätischen Strukturen haben sich bis vor wenigen Jahrzehnten auf

getrennten Wegen entwickelt. Aber im Zeitalter des globalen Verkehrs, von kontinentalen Ingenieurprojekten, der Raumfahrt und von globalen militärischen Planungen erhält einerseits die wissenschaftliche Geodäsie immer mehr praktische Bedeutung, andererseits entstehen bei der Durchführung, Überwachung und Kontrolle von globalen, kontinentalen und lokalen Projekten in der Praxis neue Anregungen für die wissenschaftliche Geodäsie. Die Grenzen zwischen beiden Strukturen sind fließend geworden, beide entwickeln sich aufeinander zu.

### 3. Die geodätischen Hauptaufgaben

Aus heutiger Sicht sind für die Erfüllung des geodätischen Auftrages die folgenden Aufgaben durchzuführen:

- a) Bestimmung eines inertialen Bezugssystems für alle geometrischen und gravimetrischen geodätischen Operationen durch Angabe von geometrischen und gravimetrischen Normalwerten sowie durch laufende Ermittlung der sich in Funktion der Zeit verändernden Rotationsparameter (Richtung der Erdachse und Geschwindigkeit der Rotation).
- b) Schaffung von Grundlagen für die Positionierung von Punkten auf und ausserhalb der Erde in einem einheitlichen globalen dreidimensionalen Koordinatensystem mit Hilfe von terrestrischen Kontrollpunkten, welche in der Erde vermarktet sind, und von operativen geodätischen Satelliten mit bekannten Bahndaten, welche mobile Kontrollpunkte darstellen.
- c) Bestimmung der Parameter des Gravitationsfeldes auf und ausserhalb der Erde und Angabe der Anomalien der Höhen und der Lotrichtung des Geoides.
- d) Bestimmung der Veränderungen der unter a, b, c genannten Daten in Funktion der Zeit als Grundlage für das Studium des dynamischen Verhaltens der Erde.
- e) Schaffung von Grundlagen für die wirtschaftliche Erschliessung und militärische Planung durch Herstellung von Land- und Seekartenwerken, digitalen Modellen und eines übergeordneten Landinformationssystems, in welchen geometrische, physikalische, technische sowie juristische und demoskopische Daten gespeichert sind.
- f) Einrichtung von lokalen Vermessungssystemen für die Planung, Absteckung, Kontrolle und Erfassung von Bewegungstendenzen von technischen Projekten.

- g) Ausmessung von extraterrestrischen Himmelskörpern des Sonnensystems.

Die Bearbeitung dieser Aufgaben erfolgte bisher in den Teildisziplinen der Erdmessung, der Landes- und Meeresvermessung, der Ingenieurvermessung, der Bodenordnung und der extraterrestrischen Vermessung. Diese können wie folgt charakterisiert werden:

Aufgabe der Erdmessung ist die Bestimmung von geometrischen und gravimetrischen Parametern der theoretischen Erdfigur (Geoid und Ellipsoid), die Bestimmung der Parameter der Erdrotation (Polbewegung und Rotationsgeschwindigkeit) sowie die Bestimmung der Erdzeiten.

Die Landes- oder Kontinentalvermessung hat die Aufgabe, Grundlagen für die Durchführung der geodätischen Operationen in nationalen und kontinentalen Bereichen bereitzustellen. Das sind Systeme von Kontrollpunkten (terrestrische Festpunkte und Satelliten mit bekannten Bahndaten) für die horizontale Lage, für die Höhe und für die Schwerkraft. Dazu kommen grundlegende Kartenwerke, das digitale Höhenmodell und als Fernziel ein Landinformationssystem. Die Meeresvermessung hat die Durchführung geodätischer Operationen auf den mit Wasser bedeckten Teilen der Erdkruste zum Ziel. Es sind dies die Positionsbestimmung für Objekte auf der Oberfläche, im Meer oder am Meeresgrund, die Bestimmung von festen Kontrollpunkten am Meeresgrund oder von mobilen (Satelliten mit bekannten Bahndaten) im Aussenraum sowie die Bestimmung der Topographie des Meeresbodens und der Meeresoberfläche. Dazu kommt die Herstellung von Seekarten und von digitalen Modellen hierfür. Da mehr als zwei Drittel der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt sind, hat die Meeresvermessung grosse praktische Bedeutung.

Zur Ingenieurvermessung gehören all jene Aufgaben, welche im Zuge der Durchführung von technischen Projekten in den verschiedenen Ingenieurdisziplinen durchzuführen sind. Bei diesen spielen wirtschaftliche Überlegungen und die Einhaltung vorgegebener Toleranzen eine wichtige Rolle.

Zur Bodenordnung werden Grundstücks- und Grenzkataster sowie Flurbereinigung und Dorferneuerung gerechnet. Im Kataster wird der bestehende Besitz und Grenzverlauf dargestellt, mit der Flurbereinigung sollen die optimale Nutzung des Bodens, mit der Dorferneuerung zeitgemässe Strukturen für das Dorf erreicht werden. Ideale Voraussetzung für eine sinnvolle Bodenordnung wäre das Landinformationssystem (LIS), das Auskunft über bestimmte Daten für Flächenelemente gibt; und zwar geometrische und juristische sowie Daten über geologische, hydrologische, land- und forstwirtschaftliche Eigenschaften und Informationen für

die Verwaltung, für Landes- und Städteplanung und dergleichen mehr. Das LIS ist ein Fernziel, das stufenweise in längeren Zeitintervallen erreicht werden kann. In Österreich ist als erste Stufe eines LIS die Vereinigung von Grenzkataster und Grundbuch in Durchführung.

Verfahren, welche die Ausmessung der Planeten und Monde des Sonnensystems zum Ziel haben, gehören zur extraterrestrischen Vermessung. Als Ergebnis werden planetarische Parameter für das Schwerfeld, Kontrollpunkte sowie Karten und digitale Modelle hierfür angestrebt, durch welche die wissenschaftliche Erkenntnis vermehrt und die wirtschaftliche Nutzung studiert werden kann.

### 4. Geodätische Verfahren und Instrumente

In der klassischen Geodäsie wird zwischen geometrischen, physikalischen und kombinierten Verfahren unterschieden. Bei geometrischen Verfahren der Positionierung werden geometrische Modelle (Netze) benutzt, die mit Hilfe von gemessenen Winkeln, Richtungen und Entfernungen und mit astronomischen Daten (Länge, Breite, Azimute) gebildet werden. Die wichtigsten Verfahren der geometrischen Geodäsie sind die Triangulierung und Trilateration, die wichtigsten Instrumente Theodolite und Entfernungsmessgeräte mit elektromagnetischen (Mikro- und Licht-) Wellen sowie astronomische Universale, Astrolabien, Passage-Instrumente, Uhren und photogrammetrische Verfahren und Instrumente. Die Schwerkraft wird nicht benötigt.

Bei physikalischen Verfahren werden aus der Potentialtheorie folgende Modelle verwendet. Hauptmessgrössen sind Schwerwerte, Hauptmessinstrument das Gravimeter, das Differenzen der Schwerwerte liefert. Seit einigen Jahren stehen feldtaugliche Messgeräte für die Absolutschwere zur Verfügung. Integrale, kombinierte Verfahren benutzen geometrische und gravimetrische Daten, die Modelle berücksichtigen geometrische und physikalische Vorstellungen.

Die in Entwicklung befindlichen inertialen Verfahren bauen auf Erkenntnissen der seit langem bekannten Kreiseltheorie auf. Mit den zugehörigen Messgeräten können Differenzen von dreidimensionalen Koordinaten, der Schwerkraft und der Parameter der Lotrichtung gemessen werden.

Die neuzeitliche Geodäsie ist durch die Verwendung von Satelliten und von Kreisel gekennzeichnet. Die Positionierung von Punkten auf und ausserhalb der Erde erfolgt mit Hilfe von operativen Satelliten mit bekannten Bahndaten nach und von welchem geometrische und physikalische



Daten zur Bestimmung der Entfernungen, Entfernungsdifferenzen und Richtungen gemessen werden können. Aus den von einem Punkt gemessenen Daten lässt sich seine Position im System der Satelliten bestimmen. Als Beispiel sei das Global Positioning System (GPS) der USA genannt. Bei diesem werden im Endstadium 18 Satelliten in etwa 20 000 km Entfernung in sechs geneigten Bahnebenen die Erde so umkreisen, dass von jedem Punkt zu jeder Zeit die Entfernungen nach mindestens vier Satelliten gemessen werden können.

Mit Hilfe von Satelliten können auch Meere geodätisch überbrückt und damit Weltsysteme gebildet werden. Dies ist ein Vorteil gegenüber den durch Triangulation und Trilateration begründeten Systemen, die auf Kontinente beschränkt sind und nur mit Hilfe astronomischer und gravimetrischer Verfahren die Aufgabe erfüllen können.

Auch die Parameter des Schwerfeldes lassen sich mit Hilfe von Messdaten nach und von Satelliten bestimmen. Durch Analyse verschiedener hoher Bahnkurven ergeben sich kurz- und langwellige Anteile. Die Messung der Höhen von Satelliten, mit bekannten Bahnkurven, über dem Meer mit Hilfe von Mikrowellenaltimetern ersetzt die schwierig und lückenhaft erfassbaren Schweremessungen am Meer. Durch die genannte Möglichkeit und durch Einbeziehung der terrestrischen Schweredaten kann die Kugelfunktionsentwicklung des Schwerpotential derzeit bis zur Ordnung 540 erfolgen und das Schwerfeld durch über 300 000 Parameter beschrieben werden. Dies bedeutet gegenüber der Darstellung in der klassischen Periode durch weniger als 30 zonale Parameter einen gewaltigen Fortschritt.

Durch die Kenntnis des Schwerfeldes lassen sich auch die Bahnen der operativen Satelliten und die davon abgeleiteten Positionen mit hoher Genauigkeit bestimmen. Mit Hilfe der Satelliten können daher sowohl geometrische als auch physikalische geodätische Hauptaufgaben (Bestimmung der Figur der Erde und der Struktur des Schwerfeldes) gelöst werden.

Für die Detailaufnahme des Geländes und der darauf befindlichen Objekte stehen die zur klassischen Periode gehörigen analoge und digitale Photogrammetrie und andere neuzeitliche Verfahren der Fernerkundung zur Verfügung. Dazu gehören die Radargrammetrie, Multispektral-, Infrarot- und andere Verfahren. Diese Verfahren befinden sich im Stadium der Digitalisierung, ausserdem machen sie eine Entwicklung vom Interpolationsverfahren zum exakten geodätischen Auswerteverfahren und zum wertvollen Hilfsmittel der Landesaufnahme mit. Dadurch wird beigetragen, ein Landinformationssystem zu schaffen und dieses laufend zu aktualisieren.

Durch die Digitalisierung wird auch die Aussagekraft der Fernerkundung (einschliesslich der Photogrammetrie) gesteigert. Denn jedes Element der Fläche wird durch seine Position und seinen Grauwert als Grundlage für die Interpretation beschrieben. Die Zahl der vom menschlichen Auswerter erkennbaren Grauwertstufen liegt unter 20; mit Hilfe von elektronischen Hilfsmitteln können über 250 Grauwertstufen erkannt werden. Dies bedeutet eine wesentliche Steigerung der Empfindlichkeit. Die Verfahren der Fernerkundung können vom Flugzeug oder von Satelliten aus in verschiedenen Höhen durchgeführt werden. Bei Verwendung von Satelliten werden Teile der Erdoberfläche in bestimmten Zeitabständen mehrfach aufgenommen. Dadurch besteht die Möglichkeit, die bereits vorliegenden Aufnahmen zu überprüfen und zu ergänzen sowie auch festzustellen, ob Veränderungen stattgefunden haben. Dadurch kann auch eine permanente Kontrolle der Vorgänge auf der Erde erfolgen.

Die Herstellung der Karten und Pläne aus den erhaltenen Daten ist Aufgabe der Kartographie. Auch diese bemüht sich, ihre Informationen zu digitalisieren und in Datenbanken so zu speichern, dass Karten in verschiedenen Massstäben mit verschiedener Thematik und in verschiedener Projektion hergestellt werden können.

Die genannten Aufnahmen können mit Hilfe von Positionierungsverfahren (wie GPS) orientiert und gestützt werden. Ausserdem lassen sich damit auch terrestrische Kontrollpunkte ermitteln, in welchem die Aufnahmen eingepasst werden. Auch besteht die Möglichkeit, mit den Messdaten Netze zu entwickeln und diese in terrestrische Kontrollpunkte einzupassen.

Bemerkenswerte neuzeitliche Aufgaben in der Entwicklung von Verfahren und Messgeräten bestehen in der Meeresvermessung. Diese gehen von operativen Satelliten als Kontrollsysteme aus, bestimmen mit diesen die Messorte an der Meeresoberfläche und von diesen durch Ultraschall- und Lasermessungen, Kontroll- oder Objektpunkte am Meeresboden. Hierfür sind flächenförmige Verfahren der Mehrmedienphotogrammetrie, Profilaufnahme mit Ultraschall oder bestimmten Laserstrahlen aktuell.

Mit grosser Erwartung wird die Entwicklung der Trägheitsnavigation verfolgt. Da diese ohne äussere Hilfsmittel und Satelliten funktioniert und alle benötigten geodätischen Messdaten (Koordinaten, Schwerewerte und Lotrichtung) und die zugehörige Anomalien liefert, hat dieses Verfahren grosse wissenschaftliche und auch wirtschaftliche Bedeutung. Die Verwendung der Trägheitsnavigation zur Interpolation in ein Rahmensystem, welches durch Satelliten-Positionierung gebildet werden, scheint sinnvoll.

## 5. Versuch einer Wertung von klassischer und neuzeitlicher Geodäsie

### 5.1 Allgemeine Betrachtung

Aus den vorhergehenden Darlegungen folgt, dass klassische und neuzeitliche Geodäsie verschiedene Phasen einer allgemeinen technischen Entwicklung sind, die sich in wesentlichen Merkmalen unterscheiden und ergänzen, in der Praxis oft nebeneinander bestehen und Schwerpunkte in verschiedenen geodätischen Anwendungsgebieten bilden.

Da in Kriegsjahren besondere Anstrengungen gemacht werden, um die technische Entwicklung voranzutreiben, hat der Krieg, als Vater aller Dinge, auch in der Entwicklung der Geodäsie Zäsuren hinterlassen. So brachte der Erste Weltkrieg (1914–1918) die Entwicklung der Aerophotogrammetrie sowie erste Ansätze für die Aerotriangulation und die Bildinterpretation. Im Zweiten Weltkrieg (1938–1945) entstand die Entfernungsmessung mit elektromagnetischen Wellen und die Radargrammetrie. Die Bildinterpretation entwickelte sich zur Fernerkundung. Die ersten Computer wurden gebaut, die Automation von Mess- und Rechenvorgängen, die automatische Steuerung von Instrumenten setzte ein. Die Raketentechnik öffnete das Tor für die Raumfahrt und damit zur Satellitengeodäsie. Die gewaltigen Möglichkeiten einer Nutzung der Atomkraft zeichneten sich ab.

Die Jahre nach dem Ersten Weltkrieg waren durch die stürmische Entwicklung der Photogrammetrie und durch die Beherrschung der optischen Entfernungsmessung gekennzeichnet. Nach dem Zweiten Weltkrieg fand die Entwicklung der Computertechnik sowie der Entfernungsmessung mit elektromagnetischen Wellen, der Radargrammetrie und anderer Verfahren der Fernerkundung statt. Ausserdem wurden die Automation von Messung, Rechnung und Zeichnung angestrebt und die Raketen- und Atomtechnik für die Entwicklung der Satellitengeodäsie eingesetzt. Diese Bemühungen brachten neue Lösungen alter Aufgaben, durch welche die Geodäsie im Sinne ihrer Bezeichnung globale Aussagen über den Zustand der gesamten Erde und ihres Schwerfeldes machen kann. Dadurch und durch die stattfindende Digitalisierung der Messdaten und der geodätischen Aussagen für die Positionen, für die Gravimetrie sowie für sonstige geometrische, gravimetrische, land- und forstwirtschaftliche, städtebauliche, geologische hydrologische, juristische und demoskopische Parameter werden Grundlagen für ein allgemeines Informationssystem bereitgestellt. Dieses und seine in Funktionen der Zeit erfolgenden Veränderungen werden wichtige Hilfsmittel für die Planung und Durchführung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie für die Verwal-

tung und für militärische Aktivitäten sein. In der Folge wird versucht, eine Wertung zwischen klassischen und neuzeitlichen Verfahren durchzuführen mit dem Ziel, beiden den ihnen gebührenden Platz zuzuweisen.

## 5.2 Beschaffung der Grundlagen

Die Grundaufgaben der Geodäsie haben sich im Laufe der betrachteten Zeitspanne zwischen klassischen und neuzeitlichen Geodäsie nur wenig verändert. In beiden Fällen sind dies die geometrische Ausmessung der Erdoberfläche sowie die Bestimmung des Schwerfeldes der Erde. Der Unterschied liegt in der Art der Ausführung dieser Aufgaben. In der klassischen Geodäsie konnten nur terrestrische Hilfsmittel eingesetzt werden. Dies bedeutet, dass die Meere der geodätischen Ausmessung nur schwer zugänglich waren und die geodätischen Aktivitäten vor allem auf die Kontinente beschränkt bleiben mussten. Dabei muss beachtet werden, dass diese nur etwa ein Drittel der Erdoberfläche ausmachen.

In der neuzeitlichen Geodäsie können die Meere geodätisch überbrückt und die Kontinentalsysteme zu einem einheitlichen geodätischen Weltsystem zusammengeschlossen werden. Ausserdem besteht die Möglichkeit, durch Messung der Höhen über dem Meer von Satelliten mit bekannten Bahndaten in grosser Dichte gravimetrische Daten (Schwereanomalien, Geoid) auf dem Meer zu ermitteln. Die geodätischen Aussagen über die Erde können daher mit Hilfe von Messdaten abgeleitet werden, welche auf der gesamten Erdoberfläche und nicht nur auf den Kontinenten gewonnen werden.

Ausserdem können Verfahren der neuzeitlichen Geodäsie verwendet werden, um auch die übrigen Himmelskörper (Planeten und Monde) des Sonnensystems zu vermessen und wie auf der Erde auch für diese die geometrische Gestalt der Oberfläche und der darauf befindlichen Objekte sowie das Schwerfeld zu bestimmen.

Der neuzeitlichen Geodäsie stehen leistungsfähigere Instrumente, Verfahren und Theorien zur Verfügung als der klassischen. Ihre Aufgaben können daher mit grösserer Vollständigkeit, mit höherer Genauigkeit und in kürzerer Zeit durchgeführt werden. Physikalische und geometrische Messgrössen können gemeinsam benutzt werden.

In der klassischen Geodäsie wurde zwischen geometrischen und physikalischen Verfahren unterschieden, je nachdem, ob physikalische Messgrössen (Schwerewerte) oder geometrische (Richtungen, Strecken) verwendet wurden. Die gesuchten Erdparameter wurden mit Hilfe einfacher Modelle gewonnen. Die Zahl der Messgrössen war gross, aber überschaubar; das Messen wurde als Kunst angesehen, die vom Geodäten, neben der Aus-

gleichung, Berechnung und Interpretation beherrscht werden musste.

In der neuzeitlichen Geodäsie wird die Messung weitgehend automatisiert. Die Zahl der Messdaten steigt gewaltig an, ihr Inhalt ist aber nicht mehr direkt überschaubar. Es besteht die Aufgabe, aus diesem Kollektiv von Messdaten mit Hilfe von komplizierten mathematischen und physikalischen Modellvorstellungen die gesuchten Parameter möglichst genau zu bestimmen. Die Messung ist nicht mehr, wie in der klassischen Geodäsie, mit einer Kunst vergleichbar, sie ist zu einer Registrierung degeneriert, die in kurzer Zeit durch Drücken von richtigen Knöpfen erlernt werden kann.

Die Berechnungsverfahren und die Modelle der neuzeitlichen Geodäsie sind differenzierter, komplizierter und undurchsichtiger geworden. Wegen der hohen Leistung der Computer und der in Programmen gelösten Berechnungs- und Analyseverfahren besteht als Vorstufe zur eigentlichen Messung und Berechnung die Möglichkeit, mathematische Experimente (Simulationen) durchzuführen und damit Wege zu optimalen Ergebnissen zu finden. Dabei besteht die Gefahr, dass durch Hinzufügen von physikalisch oder mathematisch nicht begründeten unbekannten Parametern sowie durch die grosse Zahl der Messdaten die Güte der Ergebnisse formal steigt, ohne dass dies auch tatsächlich der Fall ist.

Daher sollte auch von der neuzeitlichen Geodäsie die aus der klassischen Zeit stammende Weisheit beachtet werden, dass aus schlechten Messdaten auch bei besten Berechnungsverfahren kein wahrhaft gutes Ergebnis gewonnen werden kann.

Für die Positionierung von Punkten haben Satelliten- und Inertialverfahren Vorteile gegenüber der klassischen Triangulation und Trilateration. Die gegenseitige Sicht zwischen terrestrischen Punkten ist nicht mehr erforderlich, daher kann die Signalisierung in der Regel entfallen. Mit den Verfahren können grosse Entfernungen und insbesondere die Meere überbrückt werden und geodätische Aussagen in einem einheitlichen Weltsystem erfolgen. Die geodätische Erschliessung der Meere wird möglich. Als Messgrössen werden meist Laufzeiten bestimmt, aus denen durch Bildung von ersten und zweiten Differenzen systematische Fehler (z.B. der Uhren) eliminiert werden können. Die Messungsdaten unterliegen zwar dem Einfluss der Refraktion, die Modelle für ihre Erfassung sind jedoch einfach. Die Messungen können in der Regel unabhängig vom Wetter ausgeführt werden, der wohlvertraute Begriff des geodätischen Netzes erhält einen anderen Inhalt.

Als Nachteil muss angeführt werden, dass Satellitensysteme aus Kostengründen nur von Grossmächten oder in internationaler

Zusammenarbeit betrieben werden können. Sie stehen daher unter Umständen in Konfliktsituationen nicht zur Verfügung. Ihre Anwendung unter Tag ist nicht möglich. Die Messung ist voll automatisiert, für Eingriffe oder Reparaturen durch den Beobachter ist wenig Raum. Auch die Berechnung läuft in der Regel automatisch ab.

Ein Eingreifen in die bestehenden umfangreichen Programme ist meist nicht möglich. Für die Berechnung und Analyse sind grosse leistungsfähige Computer erforderlich, deren Anschaffung die finanzielle Leistungsfähigkeit von kleinen Ländern überschreitet.

Die klassischen Verfahren der Positionsbestimmung durch Triangulation und Trilateration sind wohlbekannt. Ihr Hauptvorteil ist, dass sie für lokale, nationale und regionale Aufgaben auf Kontinenten auf und unter der Erdoberfläche immer zur Verfügung stehen. Ihre Anwendung kann von aussen nicht gestört oder verhindert werden. Die zugehörigen Messinstrumente, der Theodolit und Entfernungsmessgeräte sowie der Computer für die Berechnung können auch von kleinen Organisationen erworben werden. Der Einsatz des Theodoliten ist auch möglich, wenn nationale oder weltweite Kommunikationen gestört sind. Nachteilig ist die Notwendigkeit von gegenseitigen Sichten und in der Folge von Signalbauten sowie die Abhängigkeit von optischen Sichten. Die Berechnung ist jedoch transparent und führt zu gesicherten Daten über die Genauigkeit der geodätischen Aussage. Die Verfahren der Triangulation und Trilateration werden auch in Zukunft für Zentrierung von Satellitenstationen und vor allem für die Aufgaben der Ingenieurvermessung benötigt werden.

Im Zwischenfeld von klassischer und neuzeitlicher Geodäsie, aber näher der letzteren, liegt die Inertialgeodäsie. Ihre Verfahren liefern eine vollständige geometrische und gravimetrische Information, das heisst Koordinatenunterschiede, Schwerewerte sowie die zugehörigen Anomalien gegenüber Normalwerten. Die Verfahren sind überall, über und unter Tag zu jeder Zeit anwendbar und können von aussen nicht gestört werden. Ihre Genauigkeit ist derzeit noch beschränkt, die Geräte sind noch sehr teuer, ihr Einsatz lohnt sich nur in umfangreichen Projekten. Inertialverfahren haben eine grosse Zukunft. Die Kombination mit Satellitenverfahren der neuzeitlichen Geodäsie scheint grosse Aussicht auf Erfolg zu haben.

## 5.3 Beschaffung der geodätischen Detailinformation

Als geodätische Detailinformation werden Parameter bezeichnet, welche die Höhen, den Grundriss und die Art der vermessenen Objektpunkte charakterisieren. Es sind dies durch Koten, Profile oder Schich-

tenlinien gebildete analoge oder digitale Höhenmodelle sowie der linienförmig oder digital dargestellte Grundriss mit der zugehörigen Klassifikation. Diese Informationen werden in der klassischen Geodäsie durch Messung dreidimensionaler polarer Koordinaten und Interpretation bei der Messung im Feld oder durch photogrammetrische Aufnahme und Interpretation bei der Auswertung gewonnen. Die erstgenannte Information ist digitalisiert; linienförmige Informationen wie Höhenlinien und Grundrisse von Objekten werden daraus durch mathematische Interpolation gewonnen. Die photogrammetrische Höheninformation kann digital oder linienförmig gewonnen werden, die Grundrissinformation ist in der Regel linienförmig, die Digitalisierung kann während oder nach der Auswertung erfolgen. Als Ergebnis folgen in beiden Fällen dreidimensionale Koordinaten (Höhe und Situation) sowie die Klassifikation der betrachteten Punkte und Linien.

Daraus können nach entsprechender kartographischer Bearbeitung geometrische Darstellungen (Abbildungen) sowie Zonen gleicher Dichtewerte (Intensität der Strahlung) oder Summen, Differenzen, Produkten oder Quotienten von Dichtewerten hergestellt werden. Mit diesen kann eine stärker differenzierte Interpretation der Eigenschaften des Objektes erfolgen.

Grundlage für die photogrammetrische Auswertung sind Passpunkte, ihre Anzahl soll aus wirtschaftlichen Gründen gering gehalten werden. Ihre Bestimmung erfolgt in der klassischen Geodäsie entweder nach den terrestrischen Verfahren der Triangulation und Trilateration oder durch photogrammetrische Triangulation.

In der neuzeitlichen Geodäsie werden terrestrische Verfahren der Objektaufnahme nur ausnahmsweise verwendet. In der Regel finden photogrammetrische und andere Verfahren der Fernerkundung aus Flugzeugen und Satelliten Anwendung. Dabei werden verschiedene Sensoren und Verfahren verwendet, wie Multispektralaufnahmen und andere. Die für die Auswertung benötigten Passelemente können auch mit Hilfe von Satelliten-Positionierungsverfahren (wie GPS) erhalten werden. Ausserdem zeichnet sich die Möglichkeit ab, Elemente der äusseren Orientierung mit Hilfe der Satellitenverfahren zu messen. Durch Aufnahmen aus dem Welt- raum werden Informationen über Gross- formen und Ereignisse auf der Erde erhalten. Durch Verbesserung der Aufnahme- und Auswerteverfahren wird die Genauigkeit, die Auflösung und die Vollständigkeit dieser Verfahren und der Interpretation erhöht.

Die Einrichtung globaler Systeme (wie LANDSAT, SPOT) gibt die Möglichkeit, auch den Fortgang von Entwicklungen zu beobachten und bevorstehende Ereignisse oder Zustände zu erkennen. Ausser-

dem bewirkt die dadurch erreichte Öffnung der Erde eine Kontrolle über die Einhaltung von Vorschriften und Vereinbarungen.

Durch Verwendung aller verfügbaren Informationen aus dem Raum sowie in den Katastraloperaten und Archiven der Behörden und Büros besteht die Möglichkeit, ein Landinformationssystem einzurichten, in dem alle für bestimmte Flächeneinheiten charakterische Aussagen über dessen Zustand enthalten sind. Ein derartiges System ist ein wichtiges Ziel der neuzeitlichen Geodäsie. Es kann aber nur auf einem mühevollen, kostspieligen Weg in ferner Zukunft erwartet werden. Auf diesem sind von Geodäten, Physikern, Informatikern und Technikern noch massgebende Leistungen zu erbringen. Vor allem muss angestrebt werden, auch diese neuen Aufgaben unter Beachtung des geodätischen Berufsethos zu leisten, das eine möglichst wahrheitsgetreue Aussage verlangt. Dabei besteht kein Zweifel, dass die Verfahren der neuzeitlichen Geodäsie für die Beschaffung von geodätischen Detailinformationen den klassischen überlegen sein werden.

## Ergebnis

Aus den bisherigen Ausführungen folgen Aussagen über die Bedeutung der klassischen Geodäsie.

1. Die klassische und die neuzeitliche Geodäsie sind aufeinanderfolgende Entwicklungsphasen der Geodäsie, sie sind daher miteinander verzahnt.
2. Der Anteil der klassischen Verfahren ist für die verschiedenen Teildisziplinen der Geodäsie verschieden gross. Eine Abschätzung dieses Anteils für die in Abschnitt 3 a) bis g) aufgeführten geodätischen Aufgaben ergibt folgendes Bild:
  - a) Für die Schaffung eines Referenzsystems kommen vor allem Verfahren mit Laser-Entfernungen nach Satelliten (SRL) und astronomische interferometrische Verfahren (VLBI = Very long Baseline Interferometry) in Betracht. Der Anteil der klassischen, astrogeodätischen Verfahren ist gering und dürfte kaum ein Zehntel der neuzeitlichen Verfahren erreichen.
  - b) Grundlagen für die Positionierung sind terrestrisch vermarkte Kontrollpunkte und operative Satelliten mit bekannten Bahndaten (mobile Kontrollpunkte). Letztere können nur mit Hilfe von Satellitenverfahren, erstere auch mit Hilfe terrestrischen kombinierten Richtungs- und Entfernungsnetzen bestimmt werden. Der Anteil der klassischen terrestrischen Netzentwicklungen wird in Ländern mit geodätischer Tradition mit etwa 40 v.H., in Entwicklungsländern mit 20 v.H. geschätzt.
  - c) Zur Bestimmung der Parameter des Schwerefeldes vermitteln geodätische Satelliten die globalen und regionalen Grossformen sowie Daten für die Meere. Die klassischen terrestrischen gravimetrischen Verfahren führen zu den Kleinformen der Struktur auf den Kontinenten. Der Anteil dieser Verfahren an der Gesamtlösung wird auf etwa ein Drittel geschätzt.
  - d) Die Veränderungen der unter a), b) und c) aufgeführten Parameter werden durch Wiederholen der Messungen für bestimmte charakteristische Punkte oder Flächen nach einer angemessenen Zeit ermittelt. Aus Zeit- und Kostengründen werden meist Satellitenverfahren eingesetzt. Dadurch wird der Anteil der klassischen Verfahren auf etwa die Hälfte reduziert.
  - e) Für die Herstellung von Land- und Seekarten, digitalen Modellen und eines Landinformations-Systems stehen der neuzeitlichen Geodäsie zusätzlich zur klassischen Polaraufnahme sowie der analogen Photogrammetrie und der zugehörigen Interpretation zwei Satellitensysteme zur Verfügung: Ein System zur Bestimmung der Positionen der Ausgangspunkte (wie etwa GPS) und ein System zur Gewinnung zusätzlicher Informationen über die auf, über und auch unter der Erdoberfläche befindlichen Objekte (wie etwa LANDSAT). Die klassische analoge Photogrammetrie erhält durch die Digitalisierung eine grössere Auflösung. Ausserdem werden ihre Aussagen durch die mannigfaltigen Verfahren der Fernerkundung, Fortschritte in der Datengewinnung, Datenübermittlung und Datenspeicherung ergänzt. Satellitenverfahren vermitteln eine Basisinformation in einem einheitlichen weltweiten Referenzsystem; Detailaufnahmen werden auch in naher Zukunft vor allem durch analoge photogrammetrische und andere Verfahren der Fernerkundung aus Flugzeugen erfolgen. Klassische polare Aufnahmen werden nur ausnahmsweise Anwendung finden. Ihr Anteil für die Lösung der beschriebenen Aufgabe wird gering sein. Die Verwendung von Informationen aus Satelliten wird zunehmen und die klassischen Verfahren zurückdrängen.
  - f) Die Schaffung von Grundlagen für die Durchführung von lokaler Ingenieur-Vermessung wird auch in Zukunft vor allem durch Verfahren der klassischen Richtungs- und Streckennetze erfolgen. Zur Einbindung in regionale Systeme sowie zur Kontrolle werden jedoch Positionie-



rungsverfahren mit operativen Satelliten Anwendung finden. Der Anteil der klassischen Verfahren kann derzeit mit etwa 80 v. H. angegeben werden; er wird jedoch etwa um die Hälfte abnehmen, wenn die Positionierungsverfahren mit Satelliten ihre volle Bewährung erbracht haben. Bis dahin ist eine gewisse Zurückhaltung gegen Verfahren angebracht, bei welchen zur Bestimmung benachbarter Parameter (z.B. Strecken) komplizierte Messungen nach vielfach weiter entfernten Satelliten sowie komplizierte Computerprogramme die einfache terrestrische Messung ersetzen.

- g) Für die extraterrestrische Vermessung kommen ausschliesslich Verfahren mit Satelliten in Frage. Die klassischen Verfahren der Astronomie führen zu wesentlich ungenaueren und unvollständigeren Ergebnissen und können als überholt angesehen werden.
3. Die Ausführungen des vorigen Abschnittes zeigen, dass die klassischen Verfahren auch im Zeitalter der Satelliten und Inertialsysteme gebraucht wer-

den und ihre Berechtigung haben. Theodolite, Tachymeter und Analoggeräte der Photogrammetrie werden noch lange Zeit ihren Platz in den technischen Büros haben und nicht ein museales Dasein in Abstellkammern führen.

Die vorliegenden und absehbaren Aufgaben der Geodäsie können nur durch eine kombinierte Anwendung klassischer und neuzeitlicher Verfahren gelöst werden. Die klassischen Verfahren müssen daher auch in Zukunft an den Fach- und Hochschulen gelehrt werden. Ämter und Büros sowie wissenschaftliche Institute werden die Verfahren und die darin entwickelte Methodik und Ethik noch lange Zeit brauchen. In Konfliktsituationen kann diesen die Aufgabe zufallen, eine beschränkte geodätische Information bereitzustellen.

4. Durch die neuzeitlichen Verfahren wird die Leistungsfähigkeit der Geodäsie wesentlich erhöht. Sie kann daher für Nachbardisziplinen wesentlich umfangreichere und vollständigere Aussagen zur Verfügung stellen als in der klassischen Zeit. Sie muss jedoch bemüht sein, ihre bisherige Berufsethik zu er-

halten und trotz der Vielzahl der Messdaten sowie komplizierter Modelle und Computersystemen mit enormer Leistungsfähigkeit nur mehrfach kontrollierte Daten zu liefern, die nach menschlichem Ermessen richtig sind. Denn die Geodäsie würde das ihr in jahrhundertelanger Tätigkeit erworbene Vertrauen als Notar der Erde und damit ihre wichtigste Existenzgrundlage verlieren, wenn sie von diesem Prinzip abweichen würde.

## Literatur:

- Rinner, K.: Festrede aus Anlass der Emeritierung von o. Prof. DDipl.-Ing. Dr. techn. Fritz Löschner. Veröff. d. geod. Inst. d. Rhein.-Westfäl. TH Aachen, Nr. 23/1978, S. 1–15.
- Rinner, K.: Entwicklungstendenzen in der geodätischen Forschung, Praxis und Ausbildung. Wissen. Arbeiten d. Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, 1981, S. 9–17.

## Adresse des Verfassers:

Prof. DDr. Karl Rinner  
Hart 85  
A-8101 Gratkorn

## Betrachtungen zu einem computer-freundlichen Ausgleichungsmodell

H. H. Schmid

Ehe es elektronische Rechenggeräte gab, wurde die ausgleichstechnische Datenbehandlung mit Hilfe einer Anzahl nebeneinander existierender Algorithmen ausgeführt. Vor allem im Hinblick auf rechenökonomische Überlegungen unterschied man dabei zwischen bedingter und vermittelnder Ausgleichung und dem Helmertschen Anfelderungsverfahren.

Erst die Kapazität des elektronischen Rechners ermöglichte es, einen universellen Ausgleichsalgorithmus aufzustellen, der es gestattet, nicht nur grosse Datenmengen in einem Guss auszugleichen, sondern der es auch erlaubt, verschiedenartige Messgrössen (sogenannte Pseudomessungen eingeschlossen) statistisch korrekt in einer Gesamtausgleichung zu vereinen.

Einige der wesentlichsten Gesichtspunkte dafür werden erwähnt. Zur Aufstellung entsprechender Software wurden in den Artikeln [1] und vor allem [3] mathematische Ausdrücke angegeben.

Für den praktischen Einsatz eines computerfreundlichen Ausgleichsmodells verlangt man heute überdies die Möglichkeit, eine interaktive Bearbeitung im time-sharing Konzept durchzuführen.

Der unlängst verstorbene Kollege Rudolf Conzett hat sich, wie mehrere Abhandlungen aus seiner Feder belegen, mit dieser Problematik eingehend beschäftigt. In diesem Artikel wurde seine in [2] angeführte Arbeit besonders genutzt.

*Avant l'existence des machines à calculer électroniques, les calculs de compensation étaient traités selon un grand nombre d'algorithmes différents. Pour diminuer avant tout le volume des calculs, on distinguait alors entre compensation conditionnelle ou médiate et l'ajustement d'un réseau selon Helmert.*

Bei der Einteilung der Ausgleichsmethoden, wie sie in den Inhaltsgliederungen früherer Lehrbücher oft zum Ausdruck kommt, werden grundsätzlich drei Ausgleichungsverfahren genannt. Man unterscheidet dabei zwischen der bedingten Ausgleichung, der vermittelnden Ausgleichung und der Methode der Anfelderung. Während der Periode der mehr oder minder klassischen Rechenmittel wurde die Wahl des Ausgleichsmodells vor allem von rechenökonomischen Überlegungen beeinflusst. Aus dieser Tatsache heraus erklärt sich – zumindest bei der Berechnung geodätischer Netze – die damalige Bevorzugung der bedingten – gegenüber der vermittelnden Ausgleichung. Ähnlich muss man im Bereiche der Anfelderungsverfahren der Helmert-Lösung besonders ins Auge fallende Rechenökonomie zugehen.

Die aus praktischer Sicht verständliche Auswahl des Ausgleichsmodells in bezug auf den Kostenaufwand der Berechnungen erschwert jedoch mitunter die Interpretation sowohl der quantitativen als auch der qualitativen Ergebnisse, abgesehen von der Tatsache, dass dabei gewisse komplexere Ausgleichsaufgaben nur mühsam lösbar sind.

Ein grundsätzlicher Mangel bei der Anwendung der unterschiedlichen Ausgleichsalgorithmen ist meiner Meinung nach in dem «Nebeneinander» ihrer Exi-