

Vortrag anlässlich der 50Jahr-Feier der Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie am 23. September 1982 in Delft *)

PHOTOGRAMMETRIE UND GEODÄSIE - EINIGE KRITISCHE BETRACHTUNGEN
ÜBER IHR GEGENSEITIGES VERHÄLTNIS

Friedrich Ackermann

1. Einleitung

1.1 Jubiläen von Gesellschaften oder Organisationen pflegen Gelegenheiten zu sein, bei denen Rückblicke und Betrachtungen allgemeiner Art angestellt werden. Auch der nachfolgende Beitrag benutzt die 50-Jahr-Feier der niederländischen Gesellschaft für Photogrammetrie, um über die Entwicklung der Photogrammetrie unter dem Gesichtspunkt ihres Verhältnisses zur Geodäsie nachzudenken. Dabei ist nicht beabsichtigt, tiefschürfende programmatische Beziehungen darzustellen oder gar neu aufzudecken. Es soll lediglich die allgemein bekannte Entwicklung der Methoden, Produkte und operationellen Eigenschaften der Photogrammetrie hinsichtlich der Beziehungen zur Geodäsie vom Standpunkt des Photogrammeters aus beleuchtet und dabei auch dargelegt werden, wie er die teilweise kontroversen Beziehungen erfahren hat.

Vorab soll deutlich betont werden, daß hier der Begriff Geodäsie nicht im speziellen Sinn der Erdmessung, sondern als Oberbegriff für das ganze Vermessungswesen (surveying and mapping) innerhalb des Bereichs seiner konventionellen Abgrenzung verstanden wird. Dabei richten sich die Betrachtungen überwiegend auf das amtliche Vermessungswesen mit den Schwerpunkten topographische Kartenwerke, Festpunktnetze und Katastervermessung.

Auf der anderen Seite wird auch die Photogrammetrie nur in ihrem durch Geometrie und Genauigkeit gekennzeichneten harten Kern betrachtet, der zweifellos bis vor kurzem den gewichtigsten und zentralen Teil im Konzept der Photogrammetrie gebildet hat, dem aber durchaus andere Aspekte wie z. B. der der Bildinterpretation gegenübergestellt werden könnten.

Diese Einschränkungen in der Betrachtungsweise sind hier im Hinblick auf das vorgegebene Thema bewußt getroffen worden, um bestimmte Aspekte der Entwicklung systematisch verfolgen zu können. Es sei aber deutlich gesagt, daß es sich um willkürliche Einschränkungen handelt. Mit einer anderen Auswahl von Prämissen könnten völlig andere Aspekte der Photogrammetrie oder ihrer Beziehungen zu anderen Disziplinen beleuchtet werden.

1.2 Die wesentlichen Inhalte der Photogrammetrie und ihre wichtigsten Entwicklungslinien, die zu engen Beziehungen mit dem Vermessungswesen geführt haben, sind schon in ihrem Namen angelegt und sind von den ersten Anfängen an deutlich sichtbar. Die Bezeichnung "Photogrammetrie", die sich etwa nach 1870 in Mitteleuropa einzubürgern begann, definiert ebenso wie die davor gebrauchten Bezeichnungen "Iconographie" oder "Métrophotographie" die Photogrammetrie als eine (geo)metrische Meßtechnik, die an die photographische Abbildung als wesentliches Element gebunden ist. Das deutsche Wort Bildmessung betont dieses Konzept noch direkter.

Danach ist die Photogrammetrie gekennzeichnet als eine mit (photographischen) Abbildungen operierende indirekte Meßmethode, die in die umfassendere Disziplin der Meßtechnik einzuordnen ist.

*) Veröffentlicht in holländischer Sprache in Geodesia, 25. Jahrgang, 1983, S. 313

Diese mit gewissen Verallgemeinerungen auch heute noch gültige Charakterisierung der Photogrammetrie zeigt zunächst keinerlei besondere Affinität mit dem Vermessungswesen auf. Insbesondere wurde die Photogrammetrie nicht im Hinblick auf bestimmte Bedürfnisse der Vermessung erfunden. Dementsprechend sind Anwendungen außerhalb oder am Rande des Vermessungswesens sowie anders orientierte Entwicklungen im Prinzip angelegt und auch tatsächlich erfolgt.

Dennoch haben die technischen Umstände der Photographie, die erreichbaren Bildmaßstäbe, das primär geometrische Konzept, die Eigenschaft der flächenhaften Übersicht und die allgemeinen operationellen Bedingungen - später wirksam ausgedehnt auf Luftbilder - die photogrammetrische Methode von Anfang an in sehr enge Nachbarschaft zur Vermessung gerückt. Anwendung auf diesem Gebiet war nicht nur implizit angelegt, sondern hat sich zum Hauptanwendungsgebiet der Photogrammetrie entwickelt.

Diese Feststellung bildet den Ausgangspunkt der nachfolgenden Betrachtungen, wonach die Photogrammetrie trotz im Prinzip wesentlich breiter angelegter und zum Teil später auch verwirklichter Möglichkeiten nicht nur ihre Hauptanwendung im Vermessungswesen gefunden hat, sondern daß dieses Anwendungsgebiet auch die zentrale Triebfeder für ihre Entwicklung gebildet hat. Im Ergebnis betrachten wir deshalb die Photogrammetrie nach ihrem über Jahrzehnte überwiegenden Anwendungsgebiet und nach der Hauptlinie ihrer Geräte- und Methodenentwicklung bis heute in erster Linie als Vermessungs- und Kartierungsmethode.

1.3 Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß schon die allerersten historischen Anwendungen der Photogrammetrie diese Ausgangssituation deutlich erkennen lassen.

Schon im zweiten Jahrzehnt nach der Erfindung bzw. Bekanntgabe der Photographie (1839) hat Colonel Laussedat, der berühmte französische Pionier der Photogrammetrie, von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene Photographien benützt, um daraus Katasterpläne des Dorfes Versailles abzuleiten. Andererseits hat ab 1858, also nur wenige Jahre später, A. Meydenbauer die Photogrammetrie in Deutschland als Architektur-Photogrammetrie eingeführt und methodisch entwickelt.

So kennzeichnen Anwendungen im Vermessungswesen bzw. geometrisch orientierte Anwendungen in Randgebieten von Anfang an die praktische Entwicklung der Photogrammetrie seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts.

2. Photogrammetrie - die anerkannte Kartierungsmethode

2.1 Betrachten wir also die Photogrammetrie in ihrer Entfaltung als Vermessungsmethode, dann kann festgestellt werden, daß die Hauptentwicklung der Photogrammetrie tatsächlich im Hinblick auf Anwendungen im Vermessungswesen erfolgt ist. Diese schwerpunktmäßige Ausrichtung schlug sich nicht nur in den Zielvorstellungen und im hauptsächlichen Anwendungsbereich nieder, sondern hat auch die treibende Kraft für die Entwicklung der Geräte, der Verfahren, der Produkte sowie des gesamten Leistungssystems der Photogrammetrie gebildet.

Diese Feststellung ist so evident, daß man sie nicht im Detail zu belegen braucht. Man könnte die Zusammenhänge auf verschiedenen Ebenen nach historischen und inhaltlichen Gesichtspunkten aufzeigen. Hier sollen 3 Gedanken genügen:

- Die Stichworte Bildtheodolit, Phototheodolit und Radialtriangulation aus der Frühzeit der Photogrammetrie belegen, daß von Anfang an methodische und instrumentelle geodätische Konzepte ganz direkt in die Photogrammetrie übertragen wurden.
- Grundsätzlich erweist sich die geometrische Theorie der Photogrammetrie, wonach Meßbilder Strahlenbündel repräsentieren und das Objekt als eine Menge geometrischer Punkte aufgefaßt wird, als ein zentrales geodätisches Konzept, dessen wesentliche Elemente Punkte, Strahlen und Winkel bilden.
- Ebenso offenkundig demonstriert die Photogrammetrie ihre Rolle als Vermessungsmethode durch die Art der Produkte, nämlich räumliche Koordinaten von Punkten und graphische Kartierungen, die sich auf das Gelände als Objekt der Messung und seine Darstellung im System der Landesvermessung beziehen.

Es ist insbesondere das große Gebiet der Kartierung, in Form von (topographischen) Karten mittlerer und großer Maßstäbe sowie von großmaßstäbigen Plänen, auf das nach Umfang und Bedeutung wie auch hinsichtlich der Genauigkeitsspezifikationen die hauptsächliche Entwicklung der Photogrammetrie bis vor etwas mehr als 2 Jahrzehnten gerichtet war. Die Zielvorstellung der direkten Kartierung mit Analoggeräten hat die instrumentelle und die methodische Entwicklung in dieser Zeit im wesentlichen bestimmt. Dies gilt nicht nur für die Kameraentwicklung und die vielfältigen Kartiergeräte mit den dafür benötigten Orientierungsverfahren, sondern auch für die im weiteren Sinne benötigten Hilfsmittel wie z. B. die Aerotriangulation.

Man kann sogar so weit gehen und die erfolgreiche Einführung der photogrammetrischen Punktbestimmung (z. B. für Katastervermessung oder Aerotriangulation) als abgeleitetes Ergebnis betrachten, das durch die mit den Kartiergeräten gegebenen Möglichkeiten zustande kam. Zwar war die analytische Punktbestimmung mit Komparatormessungen schon viel länger bekannt, sie hat aber mangels geeigneter Rechenhilfsmittel in der Luftbildmessung bis zum Aufkommen der elektronischen Computer keine oder, wie z. B. in Großbritannien, nur eine höchst isolierte Bedeutung erlangt.

Auf die Entwicklung der Photogrammetrie als Kartierungsmethode braucht hier nicht näher eingegangen zu werden. Aber es ist vielleicht interessant, daran zu erinnern, daß die Geräteentwicklung und die ersten Anwendungen auf großmaßstäbige Kartierungen ausgerichtet waren, obwohl dabei die Genauigkeitsanforderungen anspruchsvoller und die Konkurrenz der terrestrisch-tachymetrischen Aufnahme schärfer war als bei kleinmaßstäbigen topographischen Karten, die sich der Luftbildaufnahme als ideales Objekt vielleicht eher angeboten hätten. Die Entwicklung in den Niederlanden kann hier als repräsentativ gelten. W. Schermerhorn hat den Stereoplanigraph C4 ab 1931 zunächst für die großmaßstäbigen Flußkarten eingesetzt. Die systematische Kartierung in kleinen Maßstäben, wie z. B. in Indonesien, kam später, nachdem Weitwinkelkameras und höher fliegende Flugzeuge die Bedingungen wesentlich erleichtert hatten.

2.2 Fragen wir uns nun, weshalb die graphische Kartierung das hauptsächliche und erfolgreiche Anwendungsgebiet der Photogrammetrie werden konnte und deren schnelle Entwicklung vorangetrieben und geleitet hat.

Ein erster, einfacher Grund liegt offensichtlich darin, daß die klassische Vermessung schon immer praktische Schwierigkeiten mit der topographischen Kartierung hatte. Es existierten zwar Methoden - Meßtischaufnahme und Tachymetrie - aber sie boten keine besonders effektive Lösung des Problems. Im Vergleich dazu stellte insbesondere die Aerophotogrammetrie in der überwiegenden

den Mehrzahl der Fälle einfach die effektivere und erfolgreichere, fast ideale Lösung dar. Die rasche Entwicklung zu der Standardmethode für topographische Kartierungen aller Maßstäbe war daher nur folgerichtig. Wenn man die Äußerungen der frühen österreichischen Pioniere (Scheimpflug, von Orel u. a.) der Zeit vor dem ersten Weltkrieg liest, ist man überrascht, wie klar und bewußt damals nach einer neuen Kartierungsmethode gesucht wurde, nach neuen Lösungen für ein Problem, das die damaligen Vermessungsmethoden nicht befriedigend bewältigen konnten.

Daneben gibt es einen zweiten Gesichtspunkt, dessen wir uns häufig weniger bewußt sind, der aber ebenfalls von wesentlicher Bedeutung ist: Die Photogrammetrie hat sich nicht nur deswegen als eine erfolgreiche Kartierungsmethode etabliert, weil sie eine effiziente und wirtschaftliche Lösung darstellte. Vielmehr hat schon Von Orel sie als prinzipiellen Fortschritt über die bestehenden Vermessungsmethoden hinaus gesehen. Es war die direkte 3-dimensionale Messung und die direkte linienhafte Kartierung, die als großer und prinzipieller Fortschritt gefeiert wurde, mit dem die punktweise Konstruktion von Karten überwunden werden konnte. Insbesondere die direkte Schichtlinienkartierung wurde als etwas völlig Neues und interessanterweise schon als "Automation" begeistert begrüßt.

Man kann noch einen dritten Grund anführen, weshalb die Photogrammetrie das Gebiet der topographischen und auch thematischer Kartierungen fast vollständig erobern konnte. Sie konnte mit der Bildkarte ein neuartiges Produkt anbieten, das keine Entsprechung im klassischen Vermessungswesen bzw. in der Kartographie hatte. Bildkarten füllten offensichtlich eine Lücke und fanden vielfältige Verwendung, in Form der Mosaiks als vorläufige Erkundungskarten, in Form der Entzerrungen als Basis für Karten oder zur Kartenfortführung, und heute in Form der Orthophotokarten als eigenständige kartographische Produkte.

2.3 Obwohl also die Photogrammetrie hervorragend zur Lösung einiger der klassischen Probleme des Vermessungswesens geeignet war und sich alsbald erfolgreich etablieren konnte, hatte sie dennoch einen langen Kampf um ihre Anerkennung zu bestehen. Sie hatte die Anerkennung nicht nur auf den Gebieten zu erkämpfen, wo sie im Wettbewerb mit anderen Verfahren stand, wie z. B. in der Katasterphotogrammetrie, sondern erstaunlicherweise auch auf dem Gebiet der Kartierung, wo ihre überlegene Eignung eigentlich hätte außer Frage stehen müssen. Dieser Aspekt der Entwicklung hat eine psychologische Dimension und kann sicherlich sehr verschieden beurteilt werden. Ich möchte dennoch einige Punkte aus persönlicher Sicht und aus persönlicher Erfahrung ansprechen:

Wie stets bei der Einführung neuer Systeme oder Methoden war auch die Einführung der Photogrammetrie in das Vermessungswesen vielfach das Werk einzelner weitblickender Persönlichkeiten. Professor Schermerhorn oder Direktor Härry sind Beispiele für die Niederlande und die Schweiz, wogegen andere Länder zum Teil erst viel später folgten.

Aber auch nach der offiziellen Einführung dauerte der Kampf um die wirkliche Anerkennung der Photogrammetrie vielfach an. Man kann dafür eine Reihe von Gründen vorwiegend psychologischer Art anführen: Photogrammeter kamen in den 20er und 30er Jahren zum Teil nicht aus der Welt der Vermessung, sondern z. B. aus der Luftfahrt, und brachten daher wenig Wissen um die Belange des amtlichen Vermessungswesens mit. Das gegenseitige Verständnis ließ daher häufig zu wünschen übrig. Andererseits war der konventionell ausgebildete Vermessungsingenieur nicht mit den durch Flugzeuge, Kameras, Stereoauswertegeräte gekennzeichneten äußeren Zügen der Photogrammetrie vertraut und hatte keine Einsicht in Betrieb, Leistungsfähigkeit und Operationsbedingungen. Entsprechend blieben ihm auch die Arbeitsmethoden fremd, die er nicht in das ihm vertraute System der Vermessungsverfahren einordnen und in gleicher Weise beurteilen konnte.

Darüber hinaus gab es weitere psychologische Schwierigkeiten zwischen Photogrammetrie und Vermessung, die ich nur zögernd und aus der Sicht des Photogrammeters anspreche, die sich aber bei vielen Diskussionen z. B. über die Katasterphotogrammetrie oder digitale Geländemodelle deutlich manifestieren. Es hat zu tun mit dem generellen Widerstand eines etablierten Systems gegen Veränderung und ist keineswegs auf die Geodäsie beschränkt. Weil geodätische Systeme nicht leicht geändert werden können, scheinen oder schienen Vermessungsleute ganz besonders auf ihr jeweiliges System und die traditionellen Verfahren ausgerichtet und fixiert zu sein. Sie sind weder gewohnt noch bereit gewesen, andere Verfahren zu diskutieren und nahmen ihre konventionellen, etablierten Verfahren als selbstverständlichen Ausgangspunkt und Bezug. Es wurde auch selten gefragt, ob etablierte und anerkannte Systeme wie z. B. geodätische Netze ihre Funktion wirklich erfüllen und die behauptete Qualität wirklich aufweisen. Vielmehr wurden die geodätischen Produkte ohne kritische Haltung in der Regel in ihrer Qualität weit überschätzt. Es genügt hier, darauf hinzuweisen, wie lange es gedauert hat, bis die kritischen Denkvorstellungen von Prof. Baarda über Netze begriffen wurden und bis sie sich durchsetzen konnten.

Das starre Festhalten an etablierten Vermessungssystemen und -methoden mag vielleicht früher stärker in Erscheinung getreten sein als heute, wo die technische Entwicklung eine aufgeschlossenerere Haltung gegenüber Änderungen und Neuerungen erzwungen hat. Aber die skizzierte Geisteshaltung wirkt durchaus bis heute nach und ist an vielen Einzelheiten zu erkennen: Zum Beispiel wird die Feldergänzung einer photogrammetrischen Kartierung noch häufig als Feld-"Kontrolle" bezeichnet. Oder es ist bis heute völlig selbstverständlich, daß die Photogrammetrie die Qualität ihrer Produkte im Vergleich zu Vermessungsverfahren nachweisen muß, während umgekehrt keine Rede davon ist. Es ist noch nicht sehr lange her, daß bei Vergleichen z. B. von Katastervermessungen die resultierenden Differenzen zwischen photogrammetrischen und terrestrischen Ergebnissen einseitig der Photogrammetrie zur Last gelegt wurden.

Diese Erscheinungen sollen bestimmt nicht überbewertet werden. Sie treten in ähnlichen Fällen wohl stets in der einen oder anderen Form auf. Aber es ist doch unbestreitbar, daß zwischen dem etablierten Vermessungswesen und der Photogrammetrie weithin ein offenes oder unterschwelliges Spannungsverhältnis herrschte. Die Photogrammetrie fühlte sich in der geodätischen Systemhierarchie hinter Tachymeter und Topographie unter Wert eingeordnet und wurde oft in ihrer Leistungsfähigkeit und in ihrem Systemaspekt verkannt. Verschiedene eklatante Fehlberatungen durch geodätische Experten für Entwicklungsländer sind darauf zurückzuführen. Im übrigen operierte die photogrammetrische Praxis überwiegend in Bereichen, in denen geodätischer Anspruch und geodätische Wirklichkeit besonders weit auseinander klafften, wie z. B. bei geodätischen Festpunktnetzen.

Auf der anderen Seite muß natürlich zugegeben werden, daß die photogrammetrische Methode ebenfalls ihre Begrenzungen und Schwächen hat. Auch ihre Vertreter haben häufig die Leistungsfähigkeit überschätzt und Anwendungsgrenzen oder Schwierigkeiten heruntergespielt. So haben sie z. B. die Probleme der Toleranzen bei Katastervermessungen oder der Spezifikationen von Kartierungen gelegentlich zu einfach gesehen und im Bemühen um Wirtschaftlichkeit zu kleine Bildmaßstäbe verwendet, was zum Teil unzureichende Genauigkeit, Zuverlässigkeit oder Vollständigkeit zur Folge hatte.

Das zeitweilige Spannungsverhältnis zwischen Photogrammetrie und, hauptsächlich dem amtlichen, Vermessungswesen soll hier bestimmt nicht überbetont werden. Systementwicklungen und -veränderungen pflegen mit solchen Begleiterscheinungen abzulaufen. Vielleicht war es in dieser Form überhaupt eine hauptsächlich auf Europa oder gar Mitteleuropa beschränkte Erscheinung, wo Ver-

Vermessungsvorschriften und -organisationen fest etabliert waren. In anderen Ländern z. B. Nord- und Südamerikas war die Situation völlig anders. Zum Teil war und ist der Kartierungsrückstand so groß, daß der Photogrammetrie große, vielleicht auch zu große Erwartungen entgegengebracht wurden. Oder war es das Image des hohen technischen Niveaus und technischen Fortschritts, oder die Attraktion eines modernen Systems mit Automationsaspekten und hoher wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit, welche die Photogrammetrie interessant und ohne weiteres akzeptabel machten.

2.4 Unabhängig vom Verlauf der Entwicklung im einzelnen bleibt zusammenfassend festzuhalten, daß sich die Photogrammetrie etwa zwischen 1930 und 1960 in den meisten Ländern der Erde erfolgreich als anerkannte Vermessungs- und Kartiermethode etablieren konnte. Fast alle nationalen Landesvermessungsbehörden haben photogrammetrische Abteilungen. Ebenso existieren in sehr vielen Ländern daneben private oder staatliche Photogrammetriefirmen und -organisationen, deren Haupttätigkeit Vermessungs- und Kartierungsprojekte sind. Und nicht zuletzt ist die Photogrammetrie praktisch überall fester Bestandteil der akademischen Ausbildung geodätischer Ingenieure geworden.

Trotz dieser erfolgreichen und sicheren Etablierung der Photogrammetrie im Vermessungswesen sei noch einmal an den davon unabhängigen Ursprung der Photogrammetrie erinnert, der bis heute in einer Reihe von Aspekten fortwirkt: In vielen Ländern gibt es eigene photogrammetrische Gesellschaften neben den beruflichen oder wissenschaftlichen Vereinigungen des Vermessungswesens oder der Kartographie, auch wenn sie neuerdings in kleineren Ländern aus ökonomischen Gründen verschmolzen werden. Insbesondere ist die Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) nicht mit anderen internationalen Organisationen der Geodäsie und des Vermessungswesens wie IAG oder FIG verbunden und veranstaltet bis heute eigene und unabhängige internationale Kongresse. Auch hatte die nicht-topographische Photogrammetrie stets ihr vom Vermessungswesen unabhängiges Bestehen, wie z. B. in den Niederlanden beim Meetkundige Dienst des Rijkswaterstaat. Allerdings kann man auch diesen besonderen Anwendungsbereich trotz technischer Unterschiede noch weitgehend unter dem Gesichtspunkt der Vermessung sehen. Im übrigen haben die sogenannten Sonderanwendungen der Photogrammetrie, so interessant sie waren und sind, stets nur wenige Prozent des Umfangs der topographischen und Vermessungsanwendung der Luftbildmessung ausgemacht. Erst neuerdings haben numerische Methoden und analytische Geräte diese Sparte der Photogrammetrie neu belebt und flexibler gemacht.

Schließlich sei noch einmal betont, daß die mit unserem Thema gegebene spezielle Blickrichtung die ganze Entwicklung der Photo-Interpretation und deren Anwendung in den Geowissenschaften ausklammert, die nach Inhalt und Methode keine Entsprechung im klassischen Vermessungswesen hat.

3. Tiefergehende innere Beziehungen zwischen Photogrammetrie und Geodäsie

3.1 Der wesentliche Gesichtspunkt der obigen Betrachtungen war, daß die photogrammetrische Kartierung nicht nur einen Sektor des Vermessungswesens besetzte, für den sie besonders geeignet war, sondern daß die Hauptentwicklung der Photogrammetrie durch diesen Anwendungsbereich aktiv betrieben und motiviert wurde. Dies gilt sicherlich für den Zeitraum von etwa 1900 bis 1960.

Darüber hinaus sind jedoch noch wesentlich fundamentalere Beziehungen zwischen Photogrammetrie und Vermessungswesen festzustellen, die weit über das bloße Füllen einer mehr oder weniger deutlich vorhandenen Lücke im Methodenarsenal der Vermessung hinausreichen. Solche tieferen Beziehungen waren schon immer wirksam, sind aber als echte Interaktionen und als grundsätzliche Auseinandersetzung erst in den letzten 20 Jahren verstärkt in Erscheinung getreten.

Die fundamentalen gegenseitigen Beziehungen sind von seiten der Photogrammetrie durch ihre charakteristischen technischen Eigenschaften begründet, aus welchen sich bestimmte Möglichkeiten, bestimmte Konzepte und vor allem auch bestimmte Denkvorstellungen bzw. Denkmodelle ableiten. Meiner Meinung nach gilt dieser Gesichtspunkt sehr allgemein, daß die technischen Bedingungen einer Disziplin weitgehend ihre Philosophie und ihre besonderen Denkvorstellungen prägen.

Als charakteristische technische und organisatorische Eigenschaften der Photogrammetrie kann man z. B. nennen:

- vergleichsweise hoher instrumenteller Aufwand (hardware)
- vergleichsweise hohe Kapitalinvestitionen
- besondere Eignung für große Projekte
- günstige Voraussetzung zur Automatisierung
- systemorientierte Arbeitsweise .

Diese allgemeinen Voraussetzungen oder Randbedingungen des photogrammetrischen Arbeitens haben von Anfang an zu Methoden und Ergebnissen bzw. zu einer Produkt-Philosophie geführt, die im Vergleich zum konventionellen Vermessungswesen als revolutionär empfunden wurde. Zu nennen sind hier etwa: die direkte Linienkartierung, die direkte Schichtlinienkartierung oder die 3-dimensionale Punktbestimmung. Als Folge davon sind verschiedene alte Grundkonzepte und Methoden außer Kraft gesetzt oder auf den Kopf gestellt worden. Z. B. werden in der topographischen Kartographie kleine Kartenmaßstäbe direkt bearbeitet und findet auch die Kartenfortführung direkt im betreffenden Kartenmaßstab statt. Die technischen Möglichkeiten der Photogrammetrie haben so das alte kartographische Prinzip der Ableitung kleinmaßstäbiger Karten durch Generalisierung aus großmaßstäbigen, das operationell nie überzeugen konnte, umgestoßen.

In diesem Zusammenhang sei an die schon besprochenen Bildkarten als neuartiges kartographisches Produkt erinnert, das seine Entstehung einfach den technischen Möglichkeiten der Photogrammetrie verdankt. Im übrigen sind die neueren Entwicklungen, die durch Begriffe wie digitale Kartierung oder Automation in der Kartographie umrissen seien, Ausdruck einer verstärkten und vertieften Wechselwirkung zwischen Photogrammetrie und Kartographie. Die notwendigen und inhaltlich gebotenen Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Disziplinen sind erstaunlicherweise lange Zeit inaktiviert geblieben. Die Photogrammetrie kümmerte sich kaum darum, was mit dem photogrammetrischen Kartenmanuskript geschah. Und umgekehrt hat die Kartographie lange Zeit die besonderen Eigenschaften der photogrammetrischen Kartierung kaum zur Kenntnis genommen oder Folgerungen daraus gezogen.

3.2 Die photogrammetrische Punktbestimmung in Form der Blocktriangulation ist ein weiteres Beispiel für enge und tiefgreifende Relationen zur Geodäsie. Die zwei- oder dreidimensionale photogrammetrische Punktbestimmung mit graphischen oder numerischen Methoden zum Zwecke der Aerotriangulation oder der Katastervermessung hat eine lange Geschichte. Ihre grundsätzliche geodätische Bedeutung wurde jedoch zunächst nicht erkannt, weil die Anwendung intern photogrammetrisch blieb oder Methoden und Genauigkeit keine besondere Aufmerksamkeit erlangen konnten.

Diese Situation hat sich in den letzten 20 Jahren durch die rasche Entwicklung der rechnerischen Blocktriangulation grundlegend geändert. Die moderne Aerotriangulation kann hier als bekannt vorausgesetzt werden, zumal gerade auch von den Niederlanden mit dem Anblock-System sehr wesentliche Impulse ausgegangen sind. Die Entwicklung ist unter dem Gesichtspunkt der allgemeineren wissenschaftlichen Fragestellungen in mehrfacher Hinsicht bedeutsam:

- Photogrammetrische Blockausgleichungen bilden das erste Beispiel für die Entwicklung und die operationelle Routine-Anwendung von Großausgleichungen mit großen Datenmengen und Tausenden von Unbekannten. Die Praxis der geodätischen Netzausgleichungen war Anfang der 60er Jahre noch weit davon entfernt.
- Es war auch wohl das erste Beispiel seiner Art, daß zunächst die Leistungsfähigkeit des Systems theoretisch untersucht und dargelegt wurde und die Methoden- und Programmentwicklung davon bestimmt wurde.
- Im Ergebnis haben die rechnerischen Verfahren die photogrammetrische Punktbestimmung tiefgreifend verändert. Die Aerotriangulation ist heute die Basis fast aller photogrammetrischen Auswertungen. Genauigkeit und Leistung sind zuverlässig vorhersagbar geworden, was eine wirksame und realistische Projektplanung erlaubt. Die Genauigkeitsleistung ist unter vergleichbaren Umständen um den Faktor 20 bis 50 gesteigert worden. Als Ergebnis tritt die photogrammetrische Bestimmung von Katasterpunkten oder die photogrammetrische Netzverdichtung mit geodätischen Verfahren in echte Konkurrenz.

Es ist weniger wichtig, daß die Photogrammetrie in der Entwicklung praktischer Großausgleichungen Priorität beanspruchen kann. Ein bedeutsamerer Aspekt ist vielmehr die Tatsache, daß dabei auch für die Geodäsie wichtige wissenschaftliche und technische Fragen in das Blickfeld kamen und die Gleichartigkeit der Probleme zu fruchtbarer Wechselwirkung führte. Beispiele dafür sind:

- In großen Datenmengen ist das Problem der groben Datenfehler allgegenwärtig. Damit war die Photogrammetrie aus der täglichen Praxis heraus dazu gelangt, die Ideen von Prof. Baarda zu prüfen und aufzunehmen.
- Im Zusammenhang damit konnte nachgewiesen werden, daß sich photogrammetrische Blöcke mit geodätischen Netzen hinsichtlich der inneren und äußeren Zuverlässigkeit sehr gut vergleichen lassen.
- Die photogrammetrische Fehlertheorie hat mit ihrem mathematischen Modell einen sehr interessanten und hohen Grad der Allgemeinheit erreicht. Die Stichworte unbekannt systematische Fehler, Selbstkalibrierung, Kollokation, Bildreihen als stochastische Prozesse sollen hier als Andeutung genügen.

Diese wenigen Beispiele mögen genügend belegen, daß zwischen der photogrammetrischen und der geodätischen Punktbestimmung sehr enge Beziehungen bestehen. Die wissenschaftlichen und die technischen Probleme photogrammetrischer Blöcke und geodätischer Netze sind weitgehend identisch. Daraus folgt eine Konvergenz und Übernahme der wissenschaftlichen Fragestellungen, der Methoden und Lösungen. Das vielleicht wichtigste Ergebnis aber ist, daß mit dem Schritt von der Parallaxen-Photogrammetrie zur Koordinaten-Photogrammetrie die Verständnisschwierigkeiten zwischen Photogrammetern und Geodäten plötzlich verschwunden sind. Die beiden Gruppen sprechen wieder die gleiche Sprache, verstehen die Problemstellungen und profitieren von den gegenseitigen Entwicklungen. Es darf erwartet werden, daß die innere Verwandtschaft und die gegenseitige Verständigung dazu führen wird, das praktisch wichtige Problem der gegenseitigen Einbeziehung und Einbindung photogrammetrischer und geodätischer Punktfelder auf wissenschaftlich einwandfreie Weise zu lösen.

3.3 Das Beispiel der photogrammetrischen Punktbestimmung hat gezeigt, daß die Photogrammetrie wissenschaftliche Fragen aufgegriffen hat, die auch für die Geodäsie von Interesse waren und in gewissen Bereichen Priorität von Lösungen beanspruchen kann. Dennoch muß man feststellen, daß in der Photogrammetrie die Lösung neuer wissenschaftlicher und technischer Fragen häufig nur bis zu

einem für die Anwendung hinreichenden Punkt vorangetrieben werden. Die Photogrammetrie löst sich offenbar nur schwer von der ingenieurmäßigen, auf operationelle Verfahren ausgerichteten Einstellung gegenüber wissenschaftlichen Fragestellungen. Man sieht verschiedentlich, daß theoretische Fragen zwar aufgegriffen und bis zu einem gewissen Grade auch gelöst wurden, daß aber eine grundsätzliche, fundamentale Behandlung im Sinne theoretischer Fragestellungen nicht wirklich geleistet bzw. nicht konsequent genug fortgeführt wurde. Man kann dazu eine Reihe von Beispielen anführen:

- Die Genauigkeitsfragen photogrammetrischer Blöcke einschließlich der Aufdeckung grober Fehler, der Kriterion-Matrizen und der Optimierung sind nicht so grundsätzlich aufgegriffen und nicht ebenso weitgehend untersucht worden wie bei geodätischen Netzen. Dagegen sind Fragen der Punktanordnung, der Überdeckung und Zuverlässigkeit verhältnismäßig gut beantwortet.
- Der Begriff der korrelierten Beobachtungen war dem Photogrammeter schon sehr frühzeitig geläufig im Zusammenhang mit der offenkundigen physischen Korrelation von Bildpunkten. Diese Erkenntnis blieb jedoch qualitativ, da keine Angaben über die Korrelation in und zwischen Bildern gewonnen wurden. Entsprechend unterblieb viel zu lange die grundsätzliche und eigenständige fehler- und ausgleichungstheoretische Behandlung des Themas bis hin zur Kollokation und zu stochastischen Prozessen.

3.4 Während sich die geodätische und die photogrammetrische Punktbestimmung bereits durch tiefe innere Beziehungen auszeichnete, manifestiert sich neuerdings mit der Entwicklung der digitalen Geländemodelle eine noch weiter reichende Qualität der Verbindung zwischen Photogrammetrie und Geodäsie. Bei den digitalen Geländemodellen sind nicht nur enge innere Beziehungen zwischen den photogrammetrischen und den geodätischen Entwicklungen vorhanden, sondern Aufgabenstellung und Zielfunktion sind in den beiden Fällen im Prinzip identisch. Die Unterschiede sind fast nur auf die verschiedenartige Datengewinnung beschränkt. Man kann durchaus sagen, daß die digitalen Geländemodelle, die zunächst hauptsächlich von photogrammetrischer Seite entwickelt wurden, nur insofern eine photogrammetrische Aufgabe darstellen, als photogrammetrisch gewonnene Daten die wichtigste Datenklasse bilden.

Trotz identischer Zielsetzung und weitgehend identischer mathematischer Problemstellung sind dennoch deutliche Auffassungsunterschiede zwischen geodätisch und photogrammetrisch orientierten Geländemodellen festzustellen. Die Photogrammetrie kann einerseits ihre technische Leistungsfähigkeit der halb- oder vollautomatischen Datengewinnung mit bis zu Millionen von Meßdaten wie beim Gestalt-Photomapper voll ausspielen. Andererseits haben die von photogrammetrischer Seite zur Berechnung digitaler Geländemodelle entwickelten Verfahren und Programme in den meisten Fällen universelle Anwendbarkeit und Allgemeinheit der zugelassenen Daten, also einschließlich geodätisch oder kartographisch gewonnener Daten, angestrebt. Dies ist bei geodätisch orientierten Geländemodellen in der Regel nicht in gleicher Weise der Fall. Zum Teil wird dabei auch die Notwendigkeit der Datenfilterung bestritten.

Abgesehen von der verschiedenen Auffassungen ist jedoch besonders zu betonen, daß digitale Geländemodelle sich über die ursprünglich vorgesehenen Anwendungen der Erdmassenberechnung und der Ableitung von Schichtlinien oder von Orthophotoprofilen hinaus zu einem völlig eigenständigen neuen Produkt entwickelt haben. Wie bei den Bildkarten haben wir hier wiederum ein Beispiel, daß aus gegebenen technischen Möglichkeiten heraus ein neuartiges Produkt entstanden ist. Digitale Geländemodelle bilden das Ausgangsmaterial für vielerlei Anwendungen. Und nationale Ver-

messungsbehörden ringen sich allmählich durch, digitale Geländemodelle ihrer Gebiete als Standardprodukt bereitzustellen, so wie bisher topographische Karten die topographische Darstellung eines Landes für jedermann zugänglich machten.

3.5 Die digitalen Geländemodelle stellen ein erstes Beispiel dar für die unter dem Einfluß der Datenverarbeitung entstandene völlig neue Situation, die Photogrammetrie und Vermessungswesen in der Datenverarbeitung weitgehend verschmelzen läßt. Abgesehen von der Datengewinnung stehen beide Disziplinen fast ununterscheidbar vor denselben Aufgaben und arbeiten mit denselben Methoden und Hilfsmitteln. Diese Entwicklungsstufe manifestiert sich in den durch ihre umfassende Problemstellung gekennzeichneten Gebieten der digitalen Kartierung, der interaktiven graphischen Systeme und im Zusammenhang damit der Datenbanken und der Informationssysteme.

Im Sinne unserer Betrachtungen ist dabei wesentlich, daß die konventionelle Unterscheidung von Photogrammetrie und Vermessung sich hier nur auf die Datengewinnung erstreckt und von dort her noch gewisse Folgewirkungen hat, daß aber die Systeme insgesamt viel allgemeiner anzusetzen sind und weitgehend unabhängig von der speziellen Art der Informationsbeschaffung sein sollen. Daneben ist ebenso bedeutsam, daß sich aus den technischen Entwicklungen heraus neue Arten von Vermessungsprodukten mit neuen Möglichkeiten der Datenverarbeitung, der Informationsverknüpfung, der Präsentation und der Speicherung ergeben. Und daraus folgt weiter, daß das Vermessungswesen insgesamt, d. h. einschließlich der Photogrammetrie und der Kartographie, mit neuen Produkten und Methoden neue Aufgaben bewältigen und aus dem engen Bereich seines konventionellen Leistungskatalogs heraustreten kann.

Das allgemeine Ergebnis der gegenwärtigen technologischen Entwicklung in der digitalen und graphischen Datenverarbeitung ist jedenfalls, daß Photogrammetrie und Vermessungswesen gemeinsam an den neuen Aufgaben arbeiten und gemeinsam zur Lösung der Probleme aufgerufen sind. Es handelt sich nicht mehr nur um innere oder äußere Beziehungen, sondern um völlige Verflechtung und Verschmelzung bezüglich der Denkweise, der Methoden und der Ziele. Was ursprünglich vielleicht als konkurrierende Entwicklung begann und dann im Sinne der gegenseitigen Ergänzung zu abgegrenzten Anwendungsfeldern führte, mündet nun in Kooperation und gemeinsame Anstrengungen zur Lösung großer gemeinsamer Aufgabenkomplexe. Die Fragestellung ist nicht mehr, welche Bereiche den Einzeldisziplinen zufallen, sondern ob und wie sich das Vermessungswesen insgesamt unter Einsatz aller verfügbaren technischen und methodischen Hilfsmittel den gestiegenen und den neuen Anforderungen gewachsen zeigt.

4. Die heutige Situation

4.1 Die bisherige Darstellung hat aufgezeigt, daß sich die Photogrammetrie trotz aller anderen Gesichtspunkte schon sehr bald schwerpunktmäßig als Vermessungsmethode verstanden hat, daß sie entsprechend nicht nur ihre Hauptanwendung im Bereich des Vermessungswesens und der Kartierung gefunden, sondern aus diesem Bereich heraus auch die wesentlichsten Impulse und Zielsetzungen für ihre methodische und technische Entwicklung erhalten hat. Diese Affinität mit dem Vermessungswesen ist seit einiger Zeit durch die Entwicklung in der photogrammetrischen Punktbestimmung vertieft worden und hat zu einer deutlichen Konvergenz bezüglich der Konzepte, Methoden und Produkte geführt.

Im zweiten Teil der Übersicht wurde weiter dargelegt, daß darüberhinaus die neuere Entwicklung der Digitaltechnik die Photogrammetrie und das Vermessungswesen in den Bereichen Digitale Ge-

ländemodelle, digitale Kartierung, interaktive Systeme, Daten- und Informationsbanken noch viel enger verschmolzen hat. Die genannten Arbeitsbereiche stellen übergeordnete, von der Datentechnik bestimmte Konzepte dar, in die photogrammetrischer und geodätischer Dateninput gleichermaßen einfließen, die aber nicht mehr als primär photogrammetrisch oder geodätisch unterschieden oder charakterisiert werden können. Durch diese Synthese kann das Vermessungswesen Leistungen und Produkte anbieten, die über den engeren Bereich des klassischen Vermessungswesens hinausreichen und in Nachbardisziplinen ausstrahlen.

Angesichts dieser Entwicklung können wir im Sinne unseres Themas die Frage stellen, welche Rolle die Photogrammetrie dem Vermessungswesen gegenüber in Zukunft spielen kann und mit welchen Schwerpunkten sie sich weiterentwickeln wird.

4.2 Im Rückblick fällt auf, daß die Photogrammetrie in ihren zentralen Methoden und Leistungen völlig auf die geometrischen Aspekte der Bildauswertung fixiert war, woraus die engen Beziehungen zur Vermessung und Kartographie entsprangen. Gewinnung qualitativer Aussagen, z. B. die Objekterkennung durch Bildinterpretation, hat dagegen zwar in den übrigen Geowissenschaften eine methodische und selbständige Entwicklung erfahren, aber im Zusammenhang mit topographischen Kartierungen oder Koordinatenmessungen keine besondere Aufmerksamkeit erlangt. Unter dem Einfluß der Fernerkundung ist die Photogrammetrie jedoch gegenwärtig dabei, sich der über das konventionell-Geometrische hinausgehenden Bildauswertung zuzuwenden.

Die Photogrammetrie wird sich stärker als bisher mit den Eigenschaften des Bildes beschäftigen. Ein Meßbild soll nicht mehr in erster Linie nur als Koordinatenspeicher, sondern viel allgemeiner als zweidimensionaler Informationsspeicher verstanden werden. Hinter den Stichworten Bildkorrelation, Digitale Bildverarbeitung und Mustererkennung verbergen sich Entwicklungen, die zwar die geometrische Bildauswertung einschließen, aber nach Methode und Anwendung weit darüber hinausreichen. Diese Entwicklungen können als verschiedene Verallgemeinerungen der bisherigen photogrammetrischen Techniken aufgefaßt werden:

- Wir haben es zunächst mit einer Verallgemeinerung des Bildbegriffes bezüglich der Aufnahme und der Speicherung zu tun (Multispektral-, Thermal-, Mikrowellenaufnahmen; digitale Kameras).
- Neben dem geometrischen Inhalt erstreckt sich die Bildmessung auf physikalische Inhalte und schließt Texturerfassung und Mustererkennung ein. Mit den Hilfsmitteln der Bildverarbeitung folgt daraus die automatische Bildinterpretation, die halb- oder vollautomatische Objekterkennung, Objektmessung und -kartierung.
- Mit Hilfe von Aufnahmen, die in zeitlichem Abstand wiederholt werden, ergibt sich die automatische Erfassung von Veränderungen (change detection).

Derartige Entwicklungen sind im Bereich der Fernerkundung bereits im Gange. Vorläufig sind die Ergebnisse hauptsächlich für die Anwendung in den Geowissenschaften geeignet, z. B. in Form von Landnutzungskartierungen oder globalen forstlichen Bestandsaufnahmen. Es besteht aber kein Zweifel, daß über die digitale Bildverarbeitung die Einbeziehung in den engeren Bereich der Photogrammetrie bevorsteht.

4.3 Diese neue Entwicklungsphase der Photogrammetrie ist durch eine drastische Änderung der Arbeitsmethoden und der Hilfsmittel und gleichzeitig durch eine gewaltige Ausweitung der Zielvorstellungen, der Leistungen und der Produkte gekennzeichnet. Im Sinne unseres Themas ist als Folge zu erwarten, daß die Photogrammetrie wieder verstärkt eigene und selbständige Wege geht.

Die neuen Methoden und Zielsetzungen haben wenig gemein mit dem Vermessungswesen, sodaß für die nahe Zukunft eine deutliche Divergenz zwischen Photogrammetrie und Vermessung zu konstatieren sein wird. Andererseits wird sich die Arbeitsweise der Photogrammetrie stärker an die Physik und die Signalverarbeitung anlehnen.

4.4 Nach dem eben Gesagten kann man also in der Photogrammetrie für die Gegenwart und die nahe Zukunft eine eigenständige Entwicklungstendenz konstatieren, die nach Methoden, Hilfsmitteln und Zielsetzung selbständig ist und sich aus der engen Verflechtung mit dem Vermessungswesen löst. Zwar sind die klassischen photogrammetrisch/geodätischen Aufgaben damit nicht aufgegeben, aber die neue Photogrammetrie wird doch viel allgemeiner als bisher auf die Geowissenschaften insgesamt gerichtet und stärker als bisher interdisziplinär orientiert sein. Das Schlagwort von der Umwelt-Information oder vom Geo-Informationssystem umreißt vielleicht am besten die große Spannweite des zukünftigen Arbeitsfeldes der Photogrammetrie.

Die erneute Divergenz zwischen Photogrammetrie und Vermessungswesen ist in technischer und inhaltlicher Hinsicht offenkundig. Trotzdem kann man feststellen, daß es sich auf längere Sicht nur um eine vorübergehende oder scheinbare Divergenz handelt. Denn auch das Vermessungswesen muß und wird sich von seiner engen, auf sich selbst bezogenen klassischen Aufgabenstellung lösen und sich stärker interdisziplinär orientieren. Auch das Vermessungswesen muß sich ganz allgemein den Anforderungen der Nachbardisziplinen stellen und sich stärker interdisziplinär verflechten. Mit anderen Worten deckt sich die Tendenz der neuen Photogrammetrie weitgehend mit der anzustrebenden Entwicklung des Vermessungswesens, sodaß sich beide Disziplinen doch wieder gemeinsam nach derselben Zielsetzung ausrichten.

An anderer Stelle habe ich in ähnlichem Zusammenhang von der Herausforderung des Vermessungswesens durch die Automation gesprochen. Meiner Meinung nach steht das Vermessungswesen einschließlich Photogrammetrie und Kartographie vor dieser Herausforderung. Und seine zukünftige Stellung bzw. seine Existenz wird langfristig davon abhängen, ob und wie es sich dieser Herausforderung gewachsen zeigt.

Unter dem Einfluß und mit den Möglichkeiten der technischen Entwicklung kann das Vermessungswesen zuständig sein

- für die Gewinnung von Umweltdaten allgemein, für wissenschaftliche, technische, gesellschaftliche, administrative und rechtliche Zwecke
- für die Verarbeitung bzw. Manipulation der Daten, vom Ordnen, Bereinigen, Klassifizieren der Daten bis zu ihrer beliebigen Auswertung, Verarbeitung und Anwendung
- für die Speicherung der Informationen in Datenbanken, die Rückgewinnung (retrieval) und aufbereitete Darbietung (display) der Informationen.

Der Vermessungsingenieur müßte sich also über sein bisheriges Tätigkeitsgebiet hinaus allgemein als Anwalt umweltbezogener Daten, ihrer Verarbeitung, Speicherung und Darbietung etablieren. Diese erweiterte Aufgabenstellung anzunehmen ist die große Herausforderung, mit der alle Disziplinen des Vermessungswesens einschließlich der Photogrammetrie konfrontiert sind. Die Lösung dieser großen Aufgabe kann nur gelingen, wenn alle Disziplinen des Vermessungswesens gemeinsam daran arbeiten und wenn alle modernen technischen Hilfsmittel eingesetzt werden. Umgekehrt ist die technische Entwicklung aber auch Voraussetzung und Garantie für die Bewältigung der Aufgaben.

So stehen wir am Schluß unserer Betrachtungen über das Verhältnis von Photogrammetrie und Geodäsie wieder am Anfang einer noch unübersehbaren Entwicklung, in der die traditionellen Abgrenzungen der verschiedenen Disziplinen völlig gegenstandslos werden, in der aber auch das Vermessungswesen insgesamt vor umfassenden Aufgaben steht, zu deren Bewältigung alle modernen technischen Hilfsmittel und die engste Kooperation aller technischen Methoden unerläßlich sein wird.

