

Paper-ID: VGI\_196519



## Wohin führen Photogrammetrie und Automatisierung das Vermessungswesen?

Wilhelm Schermerhorn <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Delft, Holland. Intern. Training Institut*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **53** (6), S. 174–185

1965

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

```
@ARTICLE{Schermerhorn_VGI_196519,  
Title = {Wohin führen Photogrammetrie und Automatisierung das  
Vermessungswesen?},  
Author = {Schermerhorn, Wilhelm},  
Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen},  
Pages = {174--185},  
Number = {6},  
Year = {1965},  
Volume = {53}  
}
```



Messung kaum weiter verbessern lassen dürfte, sind die Ergebnisse m. E. durchaus befriedigend, da bei den üblichen Verfahren (Tachymetr. Messung) hinsichtlich der Entfernungen eher schlechtere, in den Höhen aber sicher schlechtere Ergebnisse zu erwarten sind. Leider ist im Zeitpunkt der Niederschrift dieser Zeilen keine Abbildung des Gerätes vorhanden.

Aus den beiden Beispielen ist, glaube ich, die Möglichkeit und wohl auch die Bedeutung der photogrammetrischen Registrierung bei elementaren Methoden der Vermessungstechnik ersichtlich — wünschenswert wäre deren weitere Ausbildung.

## **Wohin führen Photogrammetrie und Automatisierung das Vermessungswesen?**

Von *Wilhelm Schermerhorn*, Delft

(Vortrag, gehalten als Gastprofessor am 17. November 1965 an der Techn. Hochschule, Wien)

Vor einigen Wochen, anlässlich eines Besuches in einem namhaften Laboratorium für Luftbildnavigation erzählte mir der dortige Direktor folgende Begebenheit. Ein Navigator habe seine Angst zum Ausdruck gebracht, daß die modernen Geräte, die für die automatische Navigation dort entwickelt wurden, eine Bedrohung seines Berufes bedeuten. Bei einer anderen Gelegenheit, vor einigen Jahren, als ich auf einer meiner Reisen dem KLM-Pilot erzählte, daß mein jüngster Sohn auf der Fliegerschule war, sagte er: „Ach so, der wird für die Raketenperiode des Flugwesens ausgebildet“ und er fügte hinzu: „Glücklicherweise bin ich dann schon längst pensioniert“.

In diesen beiden Gesprächen verspürt man etwas von der Sorge um die Zukunft, verursacht durch die Weiterentwicklung der Technik bei Menschen in einem Beruf, der doch selbst auf großen technischen Leistungen der Vergangenheit beruht. In beiden Fällen haben jedoch sowohl der Navigator als auch der Pilot die Sicherheit, daß nicht allein die Bedeutung ihrer gesellschaftlichen Stellung, sondern auch die mögliche Selbstbefriedigung durch die Arbeit bestimmt werden durch die Tatsache, daß ihre persönlichen Entscheidungen und darauffolgenden Handlungen für das maßgebend sind, was weiter geschehen wird. Der automatische Pilot reduziert zwar in großem Maße die Bedeutung von beiden, Navigator und Pilot. Der heutige Flieger wird aber hinzufügen, daß dies alles zutrifft, solange der automatische Pilot nicht nur richtig funktioniert, sondern auch unter allen Umständen hinreicht.

Ich habe diesen Aspekt der Automatisierung erwähnt, weil er zeigt, wie stark menschliche Würde im Empfinden der Menschen abhängt von der Fähigkeit Bestimmtes zu leisten und der dafür notwendigen Ausbildung. Findet man davon nicht, etwas zurückblickend, in dem Bedenken gegen die Photogrammetrie des Meßtisch-Topographen, der als ein Künstler mit einem Minimum an eingeschnittenen Punkten eine geometrisch gute und geomorphologisch einwandfreie Felszeichnung herstellt und seine Karte zu einem Kunstwerk macht. Er kann die Schichtenlinienkarte, die der Photogrammeter produziert, nur als einen armseligen Ersatz betrachten. Die Automatisierung, die die Photogrammetrie gebracht hat, bedeutet für ihn einzig Verlust an Qualität.

Es gibt aber auch entgegengesetzte Entwicklungen, wo nämlich Fortschritt der Technik und Automatisierung die Arbeitsbefriedigung und Arbeitsfreude fördern. Wir kennen alle aus der Industrie die monotone Repetitivarbeit, die in der Vergangenheit und auch heute noch wohl als Beweis einer unmenschlichen Charakteristik der industriellen Technik angeführt wird. Wer aber jetzt in hochmodernen Betrieben die programmgesteuerten Werkzeugmaschinen anschaut, wo der Mechaniker allein die Maschine überwacht, wobei auch das Füttern mit Material fast vollautomatisch geschieht, kann nichts anderes sagen, als daß diese Automatisierung zwar höhere persönliche Ansprüche stellt, aber auf der anderen Seite eine viel größere Möglichkeit für Arbeitsbefriedigung gibt. Man sieht hier also gerade das Umgekehrte von dem, was oben erwähnt wurde. Im Grunde bedeutet dies nichts anderes, als daß auch bei Fließbandarbeit an der Maschine menschliche Entscheidungen fast keine Rolle spielen und deswegen die Automatisierung dem Arbeiter in dieser Hinsicht nichts wegnimmt, weil einfach nichts zu verlieren ist.

Obwohl die programmgesteuerte Werkzeugmaschine dem Mechaniker zwar wenige aber wichtige Entscheidungen überläßt, ist doch dieses Produkt der Automatisierung ein Grund für verstärkte Empfindung der menschlichen Würde. Erstens sind es diese wichtigen Entscheidungen und zweitens hat die große Maschine positiven Einfluß auf andere Instinkte des Menschen, wie Stolz, Ehrgeiz, Geltungstrieb usw. Ist das nicht auch unsere Erfahrung, wenn eine große photogrammetrische Kartierungsmaschine einem Operateur für das erste Mal anvertraut wird?

So spielen bei dieser Anwendung der Automatisierung verschiedene Faktoren eine wesentliche Rolle. Einer von diesen liegt in der Ebene des sozialen Lebens. An der programmgesteuerten Werkzeugmaschine wird Arbeitskraft erspart, und Kapitalinvestierung ersetzt Arbeitskosten. Inwieweit die Herstellung der programmgesteuerten Werkzeugmaschinen irgendwo anders neue Arbeitsplätze schafft, bestimmt die Antwort auf die Frage, ob Automatisierung Arbeitslosigkeit fördert oder nicht. Sieht man dann, daß in dem auf dem Gebiet der Automatisierung am weitesten fortgeschrittenen Land, den Vereinigten Staaten, trotz Hochkonjunktur 6–7% der Menschen Arbeitslose sind, dann ist es verständlich, daß dort die Gewerkschaften der Menschen einen Streik organisieren, wenn bei weitergehender Automatisierung und ihren Folgen auf den Arbeitnehmer nicht genügend Rücksicht genommen wird. In Europa, wo wir in den hochindustrialisierten Ländern einen unwahrscheinlichen Mangel an Arbeitern haben, der nur mittels ausländischer Kräfte einigermaßen reduziert werden kann, haben wir noch lange nicht diese Situation erreicht. Warum soll das jedoch nicht auch hier kommen?

Die Älteren unter uns werden sich noch erinnern, wie die Einführung der Photogrammetrie in den Kreisen der Geometer zwar nicht regelrecht Angst, aber doch wenigstens eine gewisse Unsicherheit um ihre eigene Position verursacht hat.

Bedenkt man dann aber, daß nun in vielen Ländern eine erhebliche Anzahl photogrammetrischer Kartierungsmaschinen jeden Tag arbeiten und trotzdem die Anzahl der entweder als Vermessungsingenieure oder als Vermessungstechniker tätigen Personen viel größer ist als in den zwanziger Jahren, als die Einführung der Photogrammetrie noch im Anfangsstadium steckte, dann ist es klar, daß ganz andere

Faktoren als nur die Automatisierung und Photogrammetrie die Anzahl der Arbeitsplätze in unserem Beruf bestimmen. Einerseits ist es offenbar die ganze volkswirtschaftliche Entwicklung, andererseits sind es die neuen Möglichkeiten, die durch die Technik geboten werden, die die Anzahl der Arbeitsplätze in einem Beruf bestimmen. Auf vielen industriellen Gebieten hat die Automatisierung die Möglichkeit für billige Massenproduktion geschaffen, aber auch im Vermessungswesen hat die Photogrammetrie durch Beschleunigung und Verbilligung der Kartenproduktion die Möglichkeit geschaffen, Bedürfnisse zu befriedigen, die zwar auch früher schon da waren, aber entweder nicht genügend zu Bewußtsein kamen oder als zu schwierig zu befriedigen empfunden wurden. Ich nehme als Beispiel die Herstellung eines Kartenwerkes im Maßstab 1:1000 für die Verwaltung des ganzen Netzes von Autobahnen und Straßen 1. Ordnung. Nur die Entwicklung der Photogrammetrie hat die praktische Möglichkeit dazu geschaffen. So gibt es verschiedene Beispiele. Das ganze System von Dünen und Deichen als Verteidigung meines Landes gegen Sturm und Hochwasser wurde nie kartiert, bevor man nicht die Photogrammetrie zu Hilfe ziehen konnte.

Ich möchte aber bemerken, daß bestimmt nicht nur die nun gegebene technische Möglichkeit, die die Photogrammetrie geschaffen hat, der einzige Anlaß für die Durchführung derartiger kartographischer Aufgaben gewesen ist. Es sind nämlich auch mit der Entwicklung des ganzen Wirtschaftslebens und auch sogar der sozialen Auffassungen, Anforderungen an die Verwaltung entstanden, die früher nicht in demselben Maße anerkannt wurden. Jedoch auch die technische Möglichkeit hat vielfach das Bedürfnis an besseren Unterlagen entstehen lassen und angefaßt.

So sieht man, daß es ein Komplex von Faktoren ist, der dazu geführt hat, daß trotz Verbesserung aller mechanischen Hilfsmittel und Einführung von partieller Automatisierung und Photogrammetrie doch von Arbeitslosigkeit in der Vermessungswelt nichts zu spüren ist, im Gegenteil, daß die Nachfrage nach Personal jeder Art noch immer zunimmt. Je schneller die ganze Volkswirtschaft sich entwickelt, je mehr Bedarf wird nach kartografischen Unterlagen und nach Vermessungsarbeit entstehen. Jetzt ist in den meisten Ländern von West-Europa die Lage so, daß Personalmangel in die Richtung von Automatisierung und Photogrammetrie drängt. Ob wir bei zunehmender Automatisierung in der Welt des Vermessungswesens je so weit kommen werden, wie jetzt in industriellen Gebieten der Vereinigten Staaten, wo die Automatisierung Arbeitslosigkeit zur Folge hat und soziale Probleme hervorruft, ist meiner Meinung nach wenig wahrscheinlich, wenn man das ganze Arbeitsgebiet der Geodäten auf dynamische Weise anpaßt an die Charakteristik der Automatisierung. Vielmehr wird die Konjunktur und die ganze Wirtschaftslage bestimmen, wieviel Bedarf an kartografischen Unterlagen bestehen wird und wieviel finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, um diese Bedürfnisse zu decken.

Kommen wir jetzt zu der Frage, inwieweit die verschiedenen Stufen der Automatisierung in der Vermessungspraxis Anwendung finden. Dabei ist es nützlich, uns erst Rechenschaft zu geben, was wir unter Automatisierung verstehen. Ich erwähne zwei Definitionen, die ich in der niederländischen Literatur gefunden habe: Automation ist ein Verfahren, bei dem die auf ein bestimmtes Ziel gerichteten menschlichen Handlungen ersetzt sind durch Tätigkeiten einer Maschine, die von

Anfang bis zum Erreichen des erwünschten Ergebnisses ohne Eingreifen des Menschen die Bedienung, die Steuerung und die Kontrolle besorgt.

Eine zweite, kürzere Definition sagt: Automation ist das systematische Einführen von selbsttätigen Systemen, die während gewisser Zeit ohne menschliche Vermittlung funktionieren können.

An Hand dieser Definitionen möchten wir jetzt kritisch betrachten, was in der klassischen Vermessungskunde und auch in der Photogrammetrie als wesentliche Automation eingeführt wurde oder noch versucht wird.

Betrachten wir zuerst das diesen beiden Wissenszweigen gemeinsame Gebiet der Rechentechnik. Es versteht sich, daß z. B. die Sprossenradtischmaschine mit Automation nichts zu tun hat. Erst die Einführung der elektrischen Tischmaschine, die automatisch multipliziert und dividiert, ist ein Beispiel der Automation, die vor dem Kriege mit Freude begrüßt wurde. Auch das Rechnen in Formularen bedeutet Automation, weil dadurch die Reihenfolge der Rechnungen vorgeschrieben ist und keine Entscheidungen des Rechners mehr braucht. Mit der Entwicklung der programmgesteuerten Rechenmaschine, entweder elektronisch oder elektrisch, hat jedoch die Automation erst recht ihren Einzug in das Vermessungswesen gehalten. Es ist hier nicht notwendig, das Thema der wirtschaftlichsten Benutzung dieser Maschinen zu behandeln. Es ist noch eine offene Frage, ob man speziell für geodätische Berechnungen eine kleine programmierte Maschine, die anfangs stark gefördert wurde, gegenüber einer hyperschnellen, großen Maschine vorziehen soll, die dann irgendwo in einem Rechenzentrum steht. Die Tatsache, daß die Kapazität eines Rechenzentrums in unserer europäischen Praxis fast immer noch ungenügend ist, um alle Aufgaben jeder Kunde sofort zu lösen, führt auch noch heute bei manchen Stellen zu dem Verlangen, ihre eigene Maschine zur Verfügung zu haben. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß in der nahen Zukunft die großen Rechenzentralen dermaßen ausgerüstet und durch Telexverbindungen mit den Kunden verbunden sein werden, daß in solch einer Zentrale von außen einkommende Rechenaufgaben automatisch nach demjenigen Rechenautomaten geführt werden, der im Moment frei ist oder eine minimale Wartezeit braucht. Die Antwort geht dann in kürzester Zeit wieder zurück. In den Vereinigten Staaten werden schon derartige Zentralen verwirklicht. Daß dabei aber die Programmierung ebenfalls entweder eine Koordination oder automatische Übersetzung in verschiedene Koden verlangt, ist klar, ebenso, daß dabei noch genügend Probleme anzutreffen sein werden. Doch bin ich überzeugt, daß die Entwicklung in dieser Richtung gehen wird. Man sieht es schon einigermaßen in der Politik der wissenschaftlichen Institute. Im Jahre 1960 hatte die Technische Hochschule Delft eine alte Zebra-Maschine und das ITC kaufte für sich selbst die neueste transistorierte Ausführung der gleichen Maschine. Das war für ein wissenschaftliches Institut absolut notwendig, weil die Kapazität der Hochschulzentrale damals vollkommen ungenügend war. Nun hat die Technische Hochschule jedoch schon eine große Telefonken-Maschine TR4, die nicht nur die Möglichkeiten zur Lösung großer linearer Systeme kolossal erweitert hat, sondern auch die Berechnungen in einem Zehntel der Zeit durchführt. Dadurch ist die Notwendigkeit, für jedes Institut der Hochschule eine eigene Maschine zu haben, eigentlich schon jetzt vorbei. Um so mehr dann, wenn der Traum der Rechenzentrale in

Erfüllung geht, eine noch größere Maschine zu bekommen. In diesem Falle wird man die Frage bedenken müssen, ob dann diese Rechenzentrale allein für den Aufgabenbereich der Technischen Hochschule oder, wegen ihrem erweiterten Umfang, für einen größeren Arbeitsbereich herangezogen werden kann.

Man kann ruhig sagen, daß es kein Gebiet im Vermessungswesen gibt, wo die Automation einen so direkten Einfluß auf die Produktion hat, als in den Rechenbüros. Hier zeigt sich sehr deutlich, daß ohne diese Maschinen bei der heutigen hohen Kartenproduktion eine derartige Ausdehnung der Rechenbüros notwendig sein würde, daß man ruhig sagen kann, daß das Personal dafür einfach fehlen würde.

Ein Vorteil der großen Rechenzentralen würde außerdem sein, daß auch die kleinen Privatgeometer, die Ingenieurkonsulenten, die kleineren öffentlichen Vermessungsämter von Gemeinden usw. Anteil an den Vorteilen der modernen Rechen-technik haben könnten. Es ist richtig, daß dies eine gewisse Arbeitsteilung zur Folge haben würde, die wie in der Großindustrie vielleicht etwas weniger Befriedigung in der Arbeit übrig läßt, als wenn der Geometer das ganze Vermessungsprojekt von A bis Z selber durchführt. Dies ist jedoch auch für diese Stellen eine unvermeidliche Entwicklung, will man nicht rückständig werden und im Konkurrenzkampf untergehen.

Sucht man nun weitere Beispiele der Automation in der klassischen Vermessungskunde, dann muß man feststellen, daß eine Automation auf anderen Gebieten als der Rechentechnik noch im Versuchsstadium ist. Totale Automation in der Winkelmessung z. B. würde bedeuten Einstellung des Fernrohres auf den Zielpunkt, automatische Registrierung der Kreisablesungen mit späterer automatischer Übertragung des Inhalts dieser Bilder auf einen Lochstreifen, welcher sofort der Rechenmaschine zugeführt werden kann. Ähnlich ist dies auch bei der Ablesung des Fadendistanzmessers möglich. Das Ergebnis der Berechnung wird dann als Koordinaten auf Lochstreifen ausgegeben, die ihrerseits die Grundlage für automatische Kartierungsgeräte bilden.

Der Reiz einer derartigen Lösung ist jedenfalls, daß fast keine Möglichkeit für normalerweise immer auftretende grobe Fehler, entweder bei der Ablesung oder beim Aufschreiben im Feldbuch, übrig bleibt. Es gibt natürlich die Möglichkeit, daß der Beobachter, der immer noch für die genäherte Punkteinstellung im Fernrohr notwendig ist, Punkte verwechselt. Damit ist auch nahezu alles gesagt, wenn man annimmt, daß das Instrument selber tadellos funktioniert. Dies wird am Anfang der Entwicklung bestimmt nicht der Fall sein. Aber damit sind nahezu alle Fehlerquellen erfaßt. Es besteht die Möglichkeit, daß die automatische Vorrichtung gänzlich ausfällt, falls sie jedoch arbeitet, arbeitet sie ohne Fehler. Die Frage ist, wieweit sich dies alles schon in der Praxis durchsetzt.

*Kern* in Aarau und *Fennel* in Kassel entwickelten die sogenannten Kodetachymeter. Dabei wird die Registrierung auf Film durchgeführt und der Kreis in 4000 Teile geteilt. Weiters muß noch eine in schwarz-weiß ausgeführte Teilung vorhanden sein, die eindeutig die Striche unterscheiden läßt. Im Leseapparat, in dem jede Kreisablesung auf Lochstreifen übertragen wird, braucht man dann auch noch eine Vorrichtung, die die Richtung nicht nur in Zehntel, sondern in Zehntausendstel Grad mißt. Dafür werden bei der Registrierung zwei Noniusstriche mitphotographiert.

Im Filmleseapparat wird die Entfernung dieser beiden Striche bis auf 0,01 mm genau bestimmt und auch in normale Ablesungen auf Lochstreifen übertragen.

Wenn man Distanzmessung auf Messungen von parallaktischen Winkeln zurückführt, können diese nach dem gleichen Verfahren als Winkelmessung registriert und abgelesen werden. Auch hier wieder bleibt jedoch das Problem der Einstellung des Fernrohres auf die Latte.

Besonders bei dem Nivellement von Längs- und Querprofilen wäre es wegen der großen Anzahl der Beobachtungen wünschenswert, dabei die Automation einzuführen. Hier handelt es sich aber eher um Automation der Kartierung der Profile als um Automation der Beobachtung selbst. Die Registriersysteme, die bei der Feldarbeit benutzt werden, finden ihre Rechtfertigung hauptsächlich in der Tatsache, daß sie unmittelbar die Grundlage für automatische Profilkartiergeräte liefern. Es wäre selbstverständlich auch möglich, diese Grundlage einfach durch Kopieren des Feldbuches auf Lochstreifen mittels eines Teleprinters durchführen zu lassen. Daß man dabei eine bedeutende Fehlerquelle einführt, ist ohne weiteres klar. Darum hat man z. B. bei einer großen niederländischen Kulturtechnischen Gesellschaft das System eingeführt, beim Nivellement die Ablesungen und weitere Daten auf sogenannte „mark sensing cards“ aufzuschreiben, wobei man die Zahlen der Ablesung durch Striche mit Spezialbleistift zu bestimmten Stellen der Karte darstellt. In einem speziellen Lesegerät werden diese Symbole auf Lochstreifen übertragen. Erfahrungsgemäß sind 20/00 der so registrierten Daten fehlerhaft. Dies ist jedoch ein Bruchteil von jenen Fehlern, die durch Kopieren des Feldbuches auf Lochstreifen entstehen. Jedoch, auch hier sind, wie bei fast jeder automatischen Datenverarbeitung, Abweichungen von der Reihenfolge der Beobachtungen eine beträchtliche Fehlerquelle. Ohne auf weitere Einzelheiten einzugehen, kann gesagt werden, daß diese Kombination mit automatischer Profilzeichnung eine große Zukunft hat und sich in allen größeren Organisationen bestimmt weiter durchsetzen wird.

Mit diesem Profilzeichner ist man schon bei der Automation der eigentlichen Kartierung. Um 1960 und später sind verschiedene automatische Koordinatografen auf den Markt gebracht worden. Die meisten kartieren allein Punkte, einige wenige können die Punkte auch durch Linien direkt verbinden. In beiden Fällen braucht man von allen Punkten, die man zu kartieren wünscht, ihre rechtwinkligen Koordinaten im Landessystem und auch im Blattsystem. Dies bedeutet, daß man nach Ausführung der klassischen Detail-Vermessung erst eine erhebliche Rechenarbeit durchführen muß. Außerdem hat man, wenn diese Berechnung, wie selbstverständlich, in einem Rechenautomat durchgeführt wird, ein gewisses Meßprogramm einzuhalten. Seit dem Winter 1961/62 hat z. B. das Kartografische Amt von Rijkswaterstaat in Delft damit Erfahrungen gewonnen unter Benutzung des Schweizer Coradomat und der Decograph Ahrend-Wild. Nachdem die Lieferung dieser Geräte in Aussicht gestellt wurde, war es notwendig, ein genaues Studium bezüglich Programmierung der Berechnung einer Grundstückvermessung durchzuführen. Die Mathematische Abteilung des ITC in Delft hat dies als Teil eines allgemeinen Researchprogrammes getan. Das Ergebnis ist die Veröffentlichung A/16 in der Reihe der ITC-Publikationen von Mr. *N. I. Levy* „Detailed analytical restitution of detail surveying for automatic coordinatographs“. Eine spätere Veröffentlichung vom

Sommer 1964 stammt von *Dipl.-Ing. Vetterli* (E. T. H.), der auch, nachdem er Delft verlassen hat, in engster Zusammenarbeit mit *Drs. D. Eckhart* ein zweites Problem bearbeitete, und zwar die Untersuchung, wie man die Berechnungen von Polygonnetzen als Grundlage für die Grundstückvermessung ebenfalls automatisieren kann. Diese Arbeit hat zu einer zweiten ITC-Veröffentlichung geführt, nl. A/29 „Travers networks“. Auch in der holländischen Zeitschrift „Kadaster en Landmeetkunde“ und in „Geodesia“ sind Artikel über dieses Thema erschienen. Man kann feststellen, daß die automatische Kartierung in Delft schon laufende Praxis geworden ist.

Es ist selbstverständlich, daß man nach diesem Verfahren alle möglichen Objekte automatisch punktweise kartieren kann. Ich möchte dafür hier die Berechnung und automatische Kartierung von Decca-Netzen vor der holländischen Küste und besonders diejenige im Gebiete der Deltawerke, im Südwesten des Landes, erwähnen. Die Kombination von Zebra-Rechenautomat und Koradomat hat hier große Dienste erwiesen.

Nachdem wir einige Erscheinungen der Automation in der terrestrischen Vermessungskunde betrachtet haben, möchte ich jetzt die Wirkung der Photogrammetrie näher betrachten, weil ich glaube, daß in mancher Beziehung die Folgen der Automation für die klassische Vermessungskunde ähnlich sind zu jenen der Einführung der Photogrammetrie, obwohl das photogrammetrische Verfahren, wie es am meisten angewendet wird, eigentlich nicht als Automation betrachtet werden kann. Vom Gesichtspunkt der Informationstheorie aus kann das photographische Bild Grundlage eines völlig automatisierten Verfahrens zur Kartenherstellung sein. Die Praxis jedoch ist, wenn man die obengenannten Definitionen als Ausgangspunkt nimmt, daß man auf primitive graphische Verfahren der Auswertung des photographischen Bildes zurückgehen muß, um die geläufige Kartierungsmaschine in ihrer Qualität von Analogrechner als Element von Automatisierung betrachten zu können. Im ganzen Kartierungsverfahren jedoch wird bei der Auswertung fast nirgends menschliche Beurteilung und menschliches Eingreifen in dem Prozeß ausgeschaltet. Die normale Interpretation des Bildinhaltes verlangt jeden Moment eine Entscheidung des Operators: ohne seinen Eingriff bleibt das Kartenblatt weiß. Dies gilt für den einfachen Stereotop oder Multiplex ebensogut auch für den Analytical plotter von Helava/Nistri. Betrachten wir von diesem Gesichtspunkt aus den Zeiss-Orthoprojektor, so ist auch dort der Operator derjenige, der mit seinem Handrad kontinuierlich in jedem Profil die Meßmarke der Oberfläche des Geländes folgen läßt. Dabei braucht er sogar auch noch soviel Urteilskraft, daß er quer durch Häuser geht und auf Bodenhöhe bleibt, und das gleiche auch für isolierte Bäume tut. Er muß also nicht nur etwas können, er muß außerdem auch noch etwas wissen. Trotz aller anderen automatisch verlaufenden Handlungen in einem solchen Gerät kann man doch nicht von Automation sprechen. Dies ist keine Kritik an dieser Konstruktion, denn es kann auch vernünftig sein, die vollständige Automation nicht anzustreben, wenn sie nicht die wirtschaftlichste Lösung darstellen würde.

Wo sieht man dann Automation in der Photogrammetrie?

Im Prinzip sind es diejenigen Doppelbildgeräte, die mit sogenannten Korrelatoren arbeiten. In diesen Geräten wird aus einer großen Reihe von Lichtsignalen die durch beide Aufnahmen geboten werden, diejenigen bestimmt, die eine maximale

Gleichheit an Schwärzung und Kontrast zeigen. Diese Korrelatoren versuchen das gleiche zu leisten, was sonst der Operateur mit der stereoskopischen Bildverschmelzung erstrebt. Im Prinzip könnte man ein solches automatisches Kartiergerät folgendermaßen betrachten. Die Lichtquelle eines normalen Auswertinstrumentes ist durch ein Kathodenstrahlrohr (CRT), das Auge ist durch einen Photomultiplier und die Kapazität für stereoskopische Perception durch einen Bildkorrelator ersetzt. Diese Korrelation ist aber in verschiedenen Lösungen in verschiedenen Formen verwirklicht. Bei allen Lösungen jedoch wird der Operateur in seiner Funktion als Betrachter des stereoskopischen Raumbildes durch den Bildkorrelator ersetzt. Es ist aber klar, daß dieser zwar beim Schichtenlinienziehen automatisch die Entscheidung treffen kann, wo sich der nächste Punkt dieser Linie befinden wird, aber daß die eigentliche Bildinterpretation nur von dem Operateur geliefert werden kann, d. h. im allgemeinen, daß man zwar automatisch Schichtenlinien ziehen kann, daß aber die Planimetrie noch menschliche Urteilskraft braucht.

Instrumente, wie der bekannte Stereomat, auch in seiner Kombination mit dem Wild B8, entnehmen die Daten des Geländes von projizierten Stereobildern. Bei anderen Geräten werden Stereometer benutzt und alle notwendigen Korrekturen mittels Rechenautomaten während der Operation bestimmt. Wie gesagt, haben diese Geräte alle gemeinsam, daß sie uns direkt Höhenlinien oder sogenannte „line drop charts“ liefern, aus denen die Höhenlinien abgeleitet werden können, aber keine Planimetrie.

Diese Lücke wird nun ausgefüllt durch die Orthoprojektion, wie diese von *Russell Bean*, von *Zeiss* oder von einem ebenfalls bestehenden russischen System realisiert wird.

Eine derartige Photokarte kann mit den automatisch kartierten Schichtenlinien versehen, generalisiert und nach einer der modernen Methoden vervielfältigt werden. Bei einer derartigen Lösung kann man natürlich auch nicht sagen, daß der Mensch vollkommen ausgeschaltet ist, aber er dient bei dieser Kombination nur als Operateur der Maschine, sogar bei dem Orthoprojektor, aber seine wesentliche Urteilskraft für Bildinterpretation im eigentlichen Sinne fängt erst an, wenn man versucht, die Photokarte zu generalisieren und durch kartographische Bearbeitung an Brauchbarkeit zu heben.

Bleiben die Probleme der Paßpunktbestimmung, Aerotriangulation usw. Ist auch dort eine Möglichkeit für Automatisierung? Ich werde in meiner Schlußbetrachtung noch zeigen, daß in der Berechnung und Ausgleichung der Aerotriangulation mittels Rechenautomaten Erscheinungen auftreten, welche charakteristisch sind für den Begriff Automation. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß gerade auf dem Gebiet der Paßpunktbestimmung noch eine andere Entwicklung stattfindet, die letzten Endes für die Zukunft der Photogrammetrie wesentlicher ist, als die Möglichkeit der automatischen Schichtenlinienkartierung.

Ich denke dabei an die Verwirklichung des großen amerikanischen Projektes, bekannt als US Q/28, das Aufnahmen liefern soll, von denen die optische Achse nahezu vertikal ist und deren kleine Abweichung bis auf wenige Sekunden bekannt sind, wo weiter Koordinaten X, Y, Z des Projektionszentrums der Kammer während der Aufnahme mit einem mittleren Fehler von rund 5 m in Planimetrie und 2 m in

Höhe mitphotographiert werden. Das würde bedeuten, daß man dann das ganze photogrammetrische Auswertesystem für Karten im Maßstab 1:50000 und vielleicht 1:25000 in Kombination mit Orthophotoprojektion und automatischen Schichtenlinien bis auf die kartographische Bearbeitung des Photobildes, die nicht für alle Zwecke notwendig ist, vollkommen automatisiert haben würde. Daß man dazu die Kombination einer ganzen Reihe komplizierter Hilfsmittel braucht, ist klar, wie z. B. Radar-Höhenmessung durch Laser statt Radar, sogenannte Inertial-Stabilisierung von Flugzeug und Kammerplattform und Registrierung einer Inertial-vertikalen und viele andere Hilfsmittel für automatische Navigation, Shiran Ortsbestimmung usw. Dies alles ist, zusammen mit einem großen Rechenautomaten in einem Flugzeug Type Boeing 707 eingebaut. Die Methode ist zwar nicht sehr einfach, aber die Leistung ist dementsprechend.

Wenn man sich so ein System denkt, das zwar für kleine Staaten und für kommerzielle Unternehmen unbrauchbar ist, und man bedenkt, wieviel Fläche die Vereinigten Staaten auch außerhalb ihres Landes als Entwicklungshilfe kartieren, dann kann man sich vorstellen, daß damit die Photogrammetrie in eine ganz neue Situation kommt. Was heute nur noch in militärischer Ausführung verwirklicht werden kann, wird, einmal vereinfacht, vielleicht auch nur teilweise benutzt, die Photogrammetrie und damit das ganze Vermessungswesen für topographische Kartierung in starkem Maße beeinflussen.

Dieses letzte Beispiel der Automatisierung, und zwar das mächtigste, gibt eine gute Einleitung für meine Schlußbetrachtung über die Frage, wohin die Automatisierung das Vermessungswesen führen wird.

Was schon die einfache Photogrammetrie zeigt, nämlich hohe Kosten der Investierung, wird auch der Fall sein bei dem automatischen Verfahren im klassischen Vermessungswesen. Automatische Theodolite, Koordinatographen, Rechenmaschinen und dies alles geht in die Richtung von Zentralisierung der Vermessungsorganisationen. Das System US Q/28 ist heutzutage nur möglich für Länder wie Amerika oder vielleicht auch Rußland, aber sowie die Atombombe auch im Bereich von kleineren Mächten wie Frankreich und sogar noch kleineren Mächten kommt, so wird es auch mit einem solchen System gehen. Dies ist aber ein Beispiel der äußersten Größe im Vermessungswesen. Die Photogrammetrie selber, auch die klassische, zeigt schon, daß nicht jedes geodätische Privatbüro sich einen Wild A7 oder Stereoplanigraphen C8 kaufen kann und daß man mit dem Theodolit zufrieden sein muß und es fraglich ist, ob die automatische Vermessungsapparatur schon in den Bereich kleinerer Organisationen fallen kann.

In das Vermessungswesen selbst viel tiefer eingreifend als diese Einführung von phantastischen technischen Hilfsmitteln wird die schon jetzt allgemeine numerische Verarbeitung von Daten sein. Da liegen viel allgemeinere Möglichkeiten zur Realisierung des Prinzips der Automation, wobei die Maschine die Notwendigkeit der Entscheidung von dem Geodäten übernimmt. Ich denke als Beispiel an eine Organisation wie das Vermessungsamt des Ministeriums für Öffentliche Arbeiten in Delft. Da war einmal das Rechenbüro die Seele des ganzen Betriebes, wo die bestklassifizierten Mitarbeiter mit Beurteilung von Feldarbeiten, Berechnung von Punkten in Polygonzügen, Dreiecksketten usw. tätig waren. Die Beurteilung, ob

bestimmte Ergebnisse zulässig waren und besonders die schwere Kunst des Fehler-suchens, das alles waren Funktionen, die man nur den Besten anvertraute und die den betreffenden Herren neben Kopfschmerzen auch eine gewisse Arbeitsfreude gegeben haben. Die Entscheidung von Fall zu Fall, wobei es immer auf den Mensch ankommt, auf seine Einsicht und Kenntnisse, ergab den Reiz an der Arbeit.

Wenn ich jetzt das gleiche Rechenbüro im neuen, großen Gebäude besuche, so ist es fast leer, oder besser gesagt, die Rechner sind jetzt eingeschaltet bei der Vorbereitung der Automatisierungsarbeit, die ich hier oben beschrieben habe.

Besonders die Berechnung der Photogrammetrie ist vollkommen von der Benutzung der Rechenautomaten beeinflusst. Aerotriangulation ist heute etwas ganz anderes als vor dem Kriege. Damals wurden die Streifen seitlich verglichen und Sprünge und Unregelmäßigkeiten über den Daumen weggerechnet. Da kam es auf den Mann an, der die Begabung hatte, in dieser Hinsicht keinen neuen Fehler durch falsche Abschätzung zu machen, dort, wo er korrigieren sollte.

Jetzt, bei der automatischen Blockausgleichung, kann man sagen, daß es nur einmal viel Kopfschmerzen von den Höchstbegabten gekostet hat, das ganze System nicht nur auszudenken, sondern auch so zu organisieren, daß es sich derartig ausführen läßt, daß man weiters nicht viel mehr dabei zu denken hat. Entscheidung über Ausgleichsverfahren, Reihenfolge der Berechnung von Streifen usw., das ist alles überflüssig geworden. Nur einmal wurde das Programm aufgestellt, und zwar so allgemein, daß man nicht nur Aerotriangulation, sondern auch Radialtriangulation und Polygonnetze einführen kann und automatisch die Ergebnisse bekommt. Wenn etwas nicht stimmt, wird durch die innere Kontrolle, die in das System eingebaut ist, angegeben, wo der Fehler steckt. Das von *Eckhart, Van Leyden* und *Van den Hout* in Delft entwickelte Rechenverfahren für die Planimetrie ist ganz allgemein. Der Mann, der die Rechenmaschine bedient, braucht nur, wenn etwas nicht stimmt, entweder den Geometer zu ersuchen seine Feldarbeit zu verbessern oder, was viel weniger der Fall ist, den photogrammetrischen Operateur zu ersuchen, bestimmte Bildausmessungen zu wiederholen. Es sind gewisse Toleranzen für Restparallaxen, Widersprüche usw. festgestellt. Man kann, wenn man das wünscht, auch die Maschine auf Überschreitung dieser Toleranzen reagieren lassen.

Wo bleibt dann dabei der Geodät, der früher in einem solchen Rechenbüro fast jeden Tag schwierige Fragen über Methoden usw. zu lösen hatte? Doch hat auch dieses Kartografische Amt heutzutage mehr akademische Geodäten als je zuvor. Sie tun etwas ganz anderes. Ihre Haupttätigkeit ist nicht mehr Fehler aufsuchen und ihren Einfluß korrigieren. Was sie jetzt tun, ist Methoden entwickeln für Genauigkeitsuntersuchungen, über welche z. B. *Dr. Ackermann* für Planimetrie und *Dr. Jerie* für Höhe bei den Photogrammetrischen Wochen in Karlsruhe berichtet haben. Wir wissen, Gott sei Dank, daß damit nicht alle Fragen gelöst sind und noch viel zu tun übrig bleibt. Aber Hauptsache ist, daß die Ergebnisse dieser Untersuchungen schon jetzt für die Praxis allgemeingültige Richtlinien für Planung geben und in sich selbst eine Art Automatisierung aller Arbeiten auf diesem Gebiet fördern.

Was die Akademiker weiter zu tun haben, ist ein solches Amt vollkommen zu reorganisieren und auf die obengenannte Automatisierung umzustellen. Dies

ist keine einfache Sache, weil es sich auch um Menschen handelt und um die Frage, wie sie sich dieser neuen Lage gegenüberstellen.

Ich habe dieses Beispiel des Kartographischen Amtes des Ministeriums für Öffentliche Arbeiten genommen, weil es sich dabei erstens um eine ganz moderne, seit vielen Jahren schon dynamische Organisation handelt, und ich diese außerdem durch eigene Anschauung kenne. Es soll aber nicht gesagt sein, daß irgendwo anders nicht derartige Entwicklungen im Gange sind. Ob man überall so radikal vorgeht wie hier in Delft, wage ich vorläufig zu bezweifeln. Das Lehrgeld, das man für eine derartige Operation bezahlt, ist bestimmt nicht gering. Hauptsache aber ist, daß man damit rechnen muß, daß in den kommenden 20 Jahren die Änderung des Angesichts der Vermessungswelt viel stärker sein wird, als wir uns dies heute denken.

Wenn ich einen Beweis für die Tatsache suche, daß in dieser Hinsicht die Vermessungsorganisationen bei der technischen Entwicklung zurückbleiben, dann brauche ich nur das Studienprogramm fast aller Hochschulen anzuschauen. Es gibt ganz wenige Ausnahmen, aber man kann, glaube ich, ruhig feststellen, daß die Ausbildung der meisten heutigen jungen Geodäten durch Dozenten erfolgt, die ihre Ausbildung gestern und vorgestern erhalten haben. Dies schließt die Gefahr in sich, daß zwar nicht die Behandlung von Geräten und Methoden, die heute neu sind, zurückbleibt, aber daß doch der Geist, aus welchem gelehrt wird, nicht durch die notwendige Dynamik gekennzeichnet wird. Kann man dann erwarten, daß die junge Generation mit einem solchen Bewußtsein in ihren Beruf eintritt, daß sie in Zukunft fähig ist, ganz andere, neue Probleme zu lösen? Bevor die Geodäten halbwegs in ihrer Laufbahn sind, werden sie ganz neue Systeme zu entwerfen haben unter Anwendung der Meßtechnik auf ganz andere Probleme als nur auf die Kartierung der Erdoberfläche. Ich muß ehrlich gestehen, daß ich vielleicht persönlich zu alt bin um heutzutage den Blick so weit in die Ferne zu richten, um schon andeuten zu können, wie man weiterarbeiten muß in der Praxis und an den Hochschulen. Wenn ich aber jetzt meine jungen Freunde höre, die die Gruppe von Wissenschaftlern im ITC bilden, dann bin ich sicher, daß es Menschen gibt, die nicht nur ahnen, wohin es geht, sondern, die auch noch jung genug sind, um, wenn sie dazu die Möglichkeit bekommen, etwas von dieser Umwandlung nach Geist und Materie zu realisieren. Ich nenne erst den Geist, weil ich überzeugt bin, daß dies das Hauptproblem ist. Die Welt der Hochschulen, die doch die Verantwortung trägt, auch für den Geist der neuen Generation, soll selber genügend empfindlich sein, um alle Möglichkeiten und alle neuen Aufgaben in unserem Fachgebiet erfassen zu können. Wie notwendig das ist, wurde vielleicht am schärfsten durch *Dr. Ackermann* zum Ausdruck gebracht, als er in einer Vorlesung für die Technische Hochschule in Aachen über die „Bedeutung elektronischer Rechenanlagen im Vermessungswesen“ folgendes sagte:

„Wir können rückblickend zusammenfassen, daß die erste Stufe in der Automation im Vermessungswesen praktisch den technischen Rechner überflüssig gemacht hat. Die zweite Stufe liquidiert den traditionell ausgebildeten Vermessungs-Ingenieur und die dritte Stufe birgt die Gefahr in sich, den Beruf des Geodäten überhaupt in seiner akademischen Selbständigkeit in Frage zu stellen.“

Das sind also die Stimmen, die ich um mich herum in Delft höre. Schwarz, werden Sie sagen? Nein, nur daß man versteht, daß es notwendig ist, Ingenieure

auszubilden, die auf der wesentlichen Grundlage unserer Wissenschaft, die auch in der Zukunft immer noch zur Lösung unserer klassischen Aufgaben angewendet wird, eine derartig allgemeine Einstellung und weiten Blick haben, daß sie sich nicht eng einspannen lassen in die Problematik der Kartenherstellung. Das heißt, allgemeine Ausbildung nach den Gesichtspunkten der Basisdisziplinen, die auch für die anderen Anwendungsgebiete unserer Fachwissenschaft notwendig sind. Dabei habe ich nicht derartige Ausbildungen im Sinne, wobei man den Studenten mehr oder weniger unzusammenhängende Extrakte verschiedener Wissensgebiete vorsetzt. Wir wissen, daß die Summe von drei Technikerausbildungen noch keine akademische Ausbildung ist. Nein, wir suchen gerade das Umgekehrte: Ausbildung in den Basisdisziplinen, die man auch braucht für die Grenzgebiete, auf denen man mit Meßtechnik, Photogrammetrie und numerische Bearbeitung von Daten weiterarbeiten kann.

Es wird jetzt ziemlich viel über diese Problematik gesprochen. Bei uns in Holland aus Gesichtspunkten der Studienverkürzung. Diese ist aber vom volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte aus weniger wichtig als die Frage, welche Richtung prinzipiell die wissenschaftliche Ausbildung gehen wird. Ich kann mir kaum einen Beruf denken, wo sich das so scharf illustrieren läßt wie die Vermessungskunde, wenn man die drei Stufen von *Dr. Ackermann*, die eine Realität bedeuten, ins Auge faßt. Die Automatisierung drängt den Vermessungsingenieur nicht in die Arbeitslosigkeit, jedoch nur unter der einen Bedingung, daß er versteht, sich rechtzeitig in der weiten Welt zu orientieren und diejenigen Anwendungsgebiete zu suchen, die in Übereinstimmung sind mit seiner Ausbildung, Praxis und Begabung. Dazu ist eine dynamische Lebenshaltung notwendig. Diese brauchen nicht nur die Ingenieure in der Praxis, sondern vor allem diejenigen, die die Verantwortung für die Ausbildung der jungen Generation haben. Sie müssen verstehen, daß sich die Welt ändert, das heißt die Welt, für die sie diese neue, junge Generation vorbereiten, und zwar geschieht dies viel schneller als vielen lieb ist. Aber Vogel-Strauß-Politik ist die schlechteste von allen. Wollen wir das bedenken. Es möge überall auch noch Platz für das Alte bleiben, auch für den klassischen Geometer, die Zukunft verlangt jedoch offene Augen, damit unser Beruf und unsere Wissenschaft nicht wie der Vogel Strauß sich im Sand verlieren.

## **Untersuchung der Genauigkeit photogrammetrisch bestimmter Einschaltpunkte**

Von *Alois Stickler* und *Peter Waldhäusl*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien)

### *1. Triangulierungspunkte und Einschaltpunkte*

Die Triangulierungsabteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BAfEuV) schafft ein Grundlagnetz von Triangulierungspunkten (TP) verschiedener Ordnung mit einer für alle Belange ausreichenden Punktlagegenauigkeit [1]. Dieses Grundlagnetz bis zur 4. Ordnung für ganz Österreich und bis zur 5. Ordnung (1 Punkt/km<sup>2</sup>) für jene Teile des Bundesgebietes, wo danach verlangt wird, zu schaffen und zu erhalten, ist eine ungeheuer große und verantwortungsvolle Aufgabe für sich.