

**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:** 85 (1987)

**Heft:** 8

**Artikel:** Betrachtungen zur Automatisierung der Auswertung in der photogrammetrischen Praxis

**Autor:** Schmid, H.H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-233454>

### **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:** 25.01.2026

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

## Betrachtungen zur Automatisierung der Auswertung in der photogrammetrischen Praxis

H.H. Schmid

**Unter Automation soll die Lösung einer Aufgabe mit Hilfe eines Computers verstanden werden. Aspekte der wechselseitigen Beziehungen zwischen den Eigenschaften spezifischer Aufgaben und den vom Computer angebotenen Leistungen werden vorgestellt. Bei einer entsprechenden Analyse von mathematischen Zufallsproblemen ergeben sich Computer-Anforderungen, die aufgrund der heutigen Vorstellungen über die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns erfüllt werden könnten.**

**Die Bemerkungen sollen die Bedeutung der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Automation der photogrammetrischen Auswertung unterstreichen, aber auch auf die Bedeutung des Einsatzes des «menschlichen Computers» eines Operateurs bei der Lösung dieser und artverwandter Aufgaben hinweisen.**

*On désigne par automation, la résolution d'un problème avec l'aide d'un ordinateur. Quelques aspects des diverses relations entre les particularités des tâches spécifiques à résoudre et les performances offertes par l'ordinateur sont présentées. L'analyse des problèmes mathématiques aléatoires conduit à formuler des exigences pour l'ordinateur, exigences qui peuvent être satisfaites selon les conceptions actuelles sur la manière de travailler du cerveau humain.*

*Les remarques veulent mettre en évidence le sens des travaux de recherche dans le domaine de la restitution photogrammétrique automatisée, mais aussi relever l'importance de «l'ordinateur humain» d'un opérateur lors de la résolution des problèmes propres ou apparentés à la restitution.*

Unter «Automatisierung» soll hier die Verwendung von computergestützten Auswertungsverfahren verstanden werden.

Zunächst sollen einige grundsätzliche Erläuterungen zur Klassifizierung verschiedener Gruppen von Aufgaben gemacht werden, vor allem in Hinsicht auf die Arbeitsweise der heute im Einsatz befindlichen Computer. Wie auch z.B. in [1] demonstriert, beruht die klassische Computer-Technik auf der Vorstellung und Verwendung von Algorithmen. Algorithmen lassen sich relativ leicht bilden. Sie sind universell anwendbar, wenn sie erst einmal aufgestellt sind.

Rechenprobleme, die sich in Form von Algorithmen darstellen lassen, haben eine gemeinsame charakteristische Eigenschaft. Sie können eindeutig und vollständig – meist in algebraischer Form – durch ein mathematisches Modell beschrieben werden. Man sagt, dass solche Aufgaben strukturiert sind.

Die meisten – um nicht zu sagen – alle heute von Computern gelösten Probleme gehören zu dieser Klasse. Programmierer versuchen deshalb, solche Probleme zu lösen, indem sie sich in einem ersten Schritt um einen passenden, d.h. dem spezifischen mathematischen Modell zugeordneten Algorithmus bemühen.

Auf der Grundlage eines solchen Algorith-

mus wird ein entsprechendes Programm entworfen, das aus einer Folge von Steuerbefehlen für den Computer besteht.

Der Computer selbst ist unter diesen Voraussetzungen der menschlichen Lösungskapazität oft weit überlegen.

Die Aufgaben einer anderen Problemgruppe weisen dagegen keine Struktur auf. Deshalb kann deren Lösung nicht in Form von Algorithmen erfolgen.

Derartige Aufgaben bezeichnet man im Sinne des mathematischen Zufallskonzeptes als «Zufallsprobleme». Bei diesen Aufgaben ist eine präzise und vollständige Definition des Problems nicht möglich. Die formelle Beschreibung eines Zufallsproblems erfordert grundsätzlich ein Auflisten sämtlicher bekannter Lösungen. Die zur Definition des Problems benötigte Informationsmenge ist also von vornherein viel umfangreicher als bei Aufgaben, die strukturiert sind.

Ein konventioneller elektronischer Rechner könnte eine entsprechend grosse Datenmenge gar nicht anzapfen, schon deshalb nicht, weil die den einzelnen Informationsgruppen anhaftenden Unregelmäßigkeiten nicht mit mathematischen Modellen oder entsprechenden Algorithmen zu erfassen sind.

Aus der Sicht heutiger Computer-Technik erscheint es, wie auch in [1] herausgestellt,

kaum sinnvoll, die ungeheure Datenmenge, nötig für die Lösung von Zufallsproblemen, in einem Speicher anzuhäufen, um danach der Reihe nach jeden einzelnen gespeicherten Informationsbit zum Vergleich mit den Eingangsdaten abzufragen. Dieser Prozess würde viel zu viel Zeit beanspruchen. Ausserdem ist es zumindest wahrscheinlich, dass ausser den oben erwähnten Unregelmäßigkeiten die gespeicherten Daten als auch die Eingangsinformation unvollständig und/oder von Fehlern behaftet sind. Eine Übereinstimmung der zum Vergleich anstehenden Informationsmengen existiert also nur unvollkommen oder überhaupt nicht. Somit kommt bei der Anwendung klassischer Computer-Methodik nur eine unbefriedigende oder auch gar keine Lösung zustande.

Jede verallgemeinerte Definition, die sich auf erkennbare Regelmäßigkeiten beschränkt und damit unter Umständen einer Darstellung durch einen Algorithmus zugänglich wäre, läuft Gefahr, dass sie auch Objekte einschliesst, die nicht zu der unter Betracht stehenden Informationsgruppe gehören. Setzt man kein a priori Wissen über die zu betrachtende Informationsmenge voraus, kann man nur sicher sein, keine artfremde Information zu erfassen, wenn man eine Beschreibung möglichst aller dazugehörigen Lösungen hat.

Die Behandlung von derartigen Aufgaben verlangt also, sich an alle bisher bekannten Lösungen zu erinnern. Ein Algorithmus wird schon deshalb ein Zufallsproblem nicht lösen können, weil ein solches Werkzeug einer mathematischen Definition des Problems gleich käme, und – um zu wiederholen – die Gesamtheit aller bekannter Lösungen enthalten müsste.

Die Forderung nach Erfassen aller bekannter Lösungen ist also eine charakteristische Eigenschaft der Zufallsprobleme. Computerseitig betrachtet muss zusätzlich zur Speicherungsmöglichkeit die Fähigkeit vorhanden sein, die Eingangsdaten assoziativ, und ohne dass eine völlige Übereinstimmung besteht, mit der gespeicherten Information zu verknüpfen.

Die bisher erwähnten charakteristischen Eigenschaften der beiden Problemarten, beziehentlich der entsprechenden Anforderungen an einen zur Lösung geeigneten Computer, lassen sich mit folgenden Angaben noch ergänzen.

Das heutige zur Anwendung kommende Computerkonzept ist grundsätzlich seriell. Den einerseits vorhandenen Vorteilen der Halbleitertechnik stehen solange gewisse Nachteile gegenüber, als zur Kommunikationsübertragung elektrische Leitungen verwendet werden. Bei zu geringem Abstand solcher Leitungen kann es zu Übersprechungs-Erscheinungen kommen. Andererseits wirkt sich der Widerstand in solchen Leitungen nachteilig auf die Operationsgeschwindigkeit des Computers aus. Mit dem Überwinden dieser Beschränkun-

gen, z.B. mit der heute versuchten Verwendung von optisch arbeitenden Komponenten auf dem Gebiet der Kommunikationsmittel, wird grundsätzlich aber nichts an der Tatsache geändert, dass die uns bekannte Computer-Technik sich nur zur Lösung von strukturierten Aufgaben eignet. Die Voraussetzung für eine derartige Lösung ist, wie bereits erwähnt, dass die Aufgabe mathematisch definierbar ist. Unersetzlich ist ein Algorithmus (aufgrund eines mathematischen Modells) und ein entsprechendes Programm.

Obwohl in der Praxis das ökonomische Funktionieren eines Computers von der Existenz eines grossen Speichers und von dem schnellen Zugriff zu den gespeicherten Daten abhängt, werden bei der heutigen Computer-Lösung Begriffe wie «Erfahrung» und um so weniger des «Denkens» nicht angesprochen. Die entsprechenden Fähigkeiten sind weder mit der konventionellen Computer-Technik verträglich, noch sind sie bei der klassischen Computer-Lösung nötig. Der diesen Begriffen zukommende Beitrag zur Aufgabenlösung wird jedoch mit Hilfe unseres «biologischen Computers» sehr wohl bei der Aufstellung des mathematischen Modells erbracht und kommt bei der Programmierung des entsprechenden Algorithmus zur Anwendung. Die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Anwendung der heutigen Computer werden erst damit erfüllt. Können bestimmte Probleme nicht in die Klasse der strukturierten Aufgaben eingereiht werden, müssen – zumindest z.Zt. – gewisse Phasen der Lösung vom Menschen mit Hilfe seines eigenen «Computers» gelöst werden. Ein solcher Computer ist durch Fähigkeiten gekennzeichnet, die sich vor allem durch eine sehr grosse Speicherkapazität und eine zu einem wesentlichen Teil gleichzeitig ablaufende Zugriffstechnik zu der gespeicherten Information auszeichnen.

Werden, wie von Spezialisten auf diesem Gebiet angenommen wird, diese Fähigkeiten durch ein ausgeprägtes Verknüpfungsnetz zwischen einer Vielzahl grundsätzlich einfacher Prozessoren (Neuronen als Steuerelemente) erreicht, ist u.a. auch die Annahme vorstellbar, dass das Verknüpfungsnetz in bezug auf eine spezifische Aufgabengattung optimiert werden kann. Jedenfalls besitzt dieser «Computer» die Fähigkeiten des Lernens und der speicherbaren Erfahrungssammlung, zwei Aktivitäten, die zum Prozess des «Denkens» beitragen. Somit ist die assoziative Informationsverknüpfung eines der entscheidenden Merkmale eines solchen Computers. Aufgrund dementsprechender Studien wird heute angenommen, dass derartige Assoziationsvorgänge die funktionellen Grundlagen für das menschliche Gedächtnis bilden.

Eine beträchtliche Anzahl von Problemen existieren, bei denen gewisse Teilgebiete

durch strukturierte Aufgaben charakterisiert sind, während andere Teile der Aufgabe sich als nicht strukturiert präsentieren.

Als Beispiel wird in dem Artikel [1] das Schachspiel genannt. Zunächst wird die wohl schwerlich zu Widerspruch Anlass gebende Feststellung gemacht, dass das Schachproblem als eine betont strukturierte Aufgabe anzusehen ist. Folglich können geeignete mathematische Modelle, also Algorithmen, gefunden werden, die zu entsprechenden Programmen führen. Es ist eine Tatsache, dass die meisten «Auch-Schachspieler» verlieren, wenn derartige Computer-Programme gegen sie zum Einsatz kommen. Daneben besteht jedoch die Tatsache, dass die Schachkapazitäten mitunter Figurenzüge ausführen, die für Dritte – der Gegenspieler einbezogen – überraschend wirken, und was für unsere Betrachtung viel wesentlicher ist: Der Spieler selbst kann den Zug nicht als Teil einer strukturierten Aufgabe erklären. Die Entscheidung zur Ausführung des betreffenden Zuges kann nicht aus einem Schachspielalgorithmus abgeleitet werden. Ein Schachspielprogramm wird bei einer bestimmten Ausgangslage nicht notwendigerweise zu dem spezifischen Zug Anlass geben. Es ist zu vermuten, dass die Entscheidung für einen solchen Zug aufgrund assoziativer Informationsverknüpfung im Gehirn des Spielers getroffen wird. Demzufolge bestehen auch bis jetzt keine Schachprogramme, die diesen Spitzenspielern den Rang streitig machen.

Wenden wir die in dem Beispiel des Schachproblems enthaltenen Vorstellungen auf unser Problem der Auswertung von stereoskopischen Messanordnungen an.

Die Teilaufgabe aus entsprechenden Bildkoordinaten das Endergebnis abzuleiten, ist sicher ein strukturiertes Problem. Nach Aufstellung eines mathematischen Modells beziehungsweise Algorithmus kann mit Hilfe eines entsprechenden Programms der Computer die Lösung ausführen.

Bleibt, den Vorgang zu betrachten, der zur quantitativen Bestimmung der Bildkoordinaten führt. Insoweit es sich um die Arbeitsweise von photogrammetrischen Messgeräten handelt (wie z.B. Stereokomparatoren, universelle Analoggeräte oder Analytischer Plotter), beruhen die entsprechenden funktionellen Schritte auf eindeutig und präzise zu beschreibenden Vorgängen. (Wie sonst könnte ein solches photogrammetrisches Auswertegerät gebaut werden!)

Übrig bleibt schlussendlich noch, den Vorgang der Benutzung eines solchen Gerätes durch den Einsatz eines photogrammetrischen Operators zu analysieren. Sicher ist, dass bei der klassischen Auswertung der Beitrag des Operators notwendig ist.

Bei allen photogrammetrischen Auswerte-

apparaturen findet die Tätigkeit des Operators via binokularer Betrachtung eines stereoskopischen Modells statt. Somit ergibt sich die Forderung, den Vorgang der stereoskopischen Modellbildung aus zwei unterschiedlichen Teilbildern zu erklären. Mit anderen Worten: Es muss entschieden werden, zu welcher Problemklasse der Vorgang des stereoskopischen Sehens gehört.

Eine solche Analyse setzt aber grundsätzlich das Verstehen dieses Vorganges voraus, eine Forderung, die z.Zt. nicht erfüllt ist.

Wäre es möglich, den Prozess des stereoskopischen Sehens in die Kategorie der strukturierten Aufgaben einzureihen, wäre – zumindest im Prinzip – eine Lösung mit Hilfe der konventionellen Computer-Technik denkbar. Dabei drängt sich allerdings die Einsicht auf, dass die dem Operator, dank seines «Verstandes» zuzurechnenden Fähigkeiten, u.a. die assoziative Informationsverknüpfung, nicht zur Lösung der gestellten Aufgabe beitragen. Man müsste also annehmen, dass dem photogrammetrischen Operator die aufgrund seines Lernvermögens mögliche Kenntniserweiterung beziehentlich speicherbare Erfahrungssammlung – von seiner Denkfähigkeit abgesehen – der Auswertetätigkeit nicht zugute kommt.

Zusammenfassend: Der Weg zur totalen Automatisierung der photogrammetrischen Auswertung erscheint also unter der Annahme von «nur» strukturierten Aufgaben vom Prinzip her möglich und unter Umständen auch aus ökonomischer Sicht vertretbar.

Sollte sich – z.B. beim weiteren Studium der Arbeitsweise des menschlichen Gehirns – herausstellen, dass der Prozess des stereoskopischen Sehens nicht zur Klasse der strukturierten Probleme gehört, müsste man wohl den Schluss ziehen, dass diese Phase der photogrammetrischen Stereoauswertung nicht mit Hilfe eines konventionellen Computers gelöst werden kann. Das Problem der totalen Automatisierung wäre dann erst möglich, wenn eine neue Computer-Technik entwickelt würde, die, allgemein ausgedrückt, Aufgaben lösen könnte, welche die Anwendung künstlicher Intelligenz erfordern. Die hier geäusserten Ansichten sollen die Bedeutung der Forschung auf dem Gebiet der automatisierten photogrammetrischen Auswertung unterstreichen. Jedoch müssen m.M.n. sich die kommerziellen Hersteller entsprechender Systeme mit der hier aufgeworfenen Problematik im Sinne heute möglicher Lösungen auseinandersetzen. Mit anderen Worten: Für die in der Praxis der photogrammetrischen Auswertung geforderte Qualität und Ökonomie sollte die Anwendung der Automation mit dem Einsatz von Computern auf denjenigen Anteil der Lösung beschränkt bleiben, der sich mit strukturierten Aufgaben prä-

sentiert. Für den damit nicht abgedeckten Teil der Lösung würde man zweckmässig die Intelligenz des photogrammetrischen Operateurs einsetzen. Eine solche Lösungsaufteilung scheint auch z.Zt. für artverwandte Problematik, z.B. Mustererkennung (pattern recognition) oder Bildkorrelation sinnvoll.

## Literatur:

- [1] Yaser S. Abu-Mostafa und Demetri Psaltis (California Institute of Technology): «Optical Neural Computers», Scientific American, March 1987, Seiten 66 – 73. Übersetzung ins Deutsche im «Spektrum der Wissenschaften» (Internationale Ausgabe von Scientific American in deutscher Sprache), Mai 1987, Seiten 54 – 61.

## Adresse des Verfassers:

Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.  
Hellmut H. Schmid  
Baermattweg 10  
CH-3324 Hindelbank

## Informationsgesellschaft – Fluch oder Segen? Kontroverse Meinungen zur nachindustriellen Gesellschaft

C. Lutz

Das Informationszeitalter ist gekennzeichnet durch eine Dominanz der Informationstätigkeiten und eine alle Lebensbereiche prägende Explosion der Informationsverarbeitungskapazitäten. Gegenwärtig droht diese Entwicklung die Aussenleitung des Menschen noch zu verstärken, die mit den mechanistischen Strukturen und Weltbildern des Industriezeitalters verbunden ist. Immer mehr und höher qualifizierte Arbeitskräfte verlieren in solchen Strukturen den Wettlauf mit der Maschine. Eine hochzentralisierte Klassengesellschaft ähnlich Huxleys *Brave new World*, die überdies im produzierten Informationsmüll erstickt, ist die Folge. Das Informationszeitalter kann aber auch zum Zeitalter einer Kommunikationskultur werden. Aufgrund eines dialogischen Weltbildes werden die traditionellen Mensch/Maschinen-Systeme unterwandert durch sich selbst organisierende, prozesshafte Organisationsformen, die von der persönlichen Gestaltungskraft eines jeden leben. In einer pluralistischen Gesellschaft, in der jeder den Lebenspfad sucht und die Umwelt mitgestaltet, die ihm entspricht, werden Kommunikationsleistungen – innerhalb und ausserhalb der formalen Wirtschaft – zum wichtigsten Wachstumssektor der Nachfrage und der Beschäftigung.

*L'ère de l'information est caractérisée par la prédominance des activités d'information et par une explosion, dans tous les secteurs, des moyens de traiter cette information. Ce développement menace actuellement d'aggraver la dépendance de l'homme vis-à-vis des structures et de la façon de vivre du monde de l'ère industrielle. Dans ces structures, des forces de travail hautement qualifiées perdent de plus en plus leur compétitivité face à la machine. Il en résulte une société divisée en classes et fortement centralisée comme dans «Le meilleur des mondes» de Huxley, une société qui s'asphyxie dans la surabondance des informations qu'elle produit. Mais l'ère de l'information peut aussi devenir l'ère d'une culture de la communication. Dans un «monde de la communication», les systèmes traditionnels Homme-Machine seront influencés par des formes d'organisation auto-organisatrices et prisonnières d'une procédure et qui vivent de la force créatrice de chacun. Dans une société pluraliste dans laquelle chacun cherche sa voie et organise son milieu de vie selon ses convenances, les performances des communications provoqueront, à l'intérieur comme à l'extérieur de l'économie, l'augmentation la plus importante dans les secteurs des demandes et de l'emploi.*

Arbeit, die aus physischem Bewegen und Verändern von Materie besteht, erhält zunehmend Seltenheitswert. Der Rest ist vorwiegend Informationsverarbeitung. Die

zum Normalfall gewordenen Informationstätigkeiten werden unterstützt und verstärkt durch die Informationstechnik, deren Effizienz sich – je nach Massstab – alle fünf bis zehn Jahre verzehnfacht; sie wird durch die zunehmende Benutzerfreundlichkeit und den immer umfassenderen Verbund zwischen EDV, Telekommunikation und konventioneller Technik

universell einsetzbar. Gesamthaft ist förmlich eine Explosion der Informationsverarbeitungs-, Speicherungs- und Übermittlungskapazitäten festzustellen, was sämtliche Lebensbereiche zunehmend prägt.

## Zunehmende Entmündigung des Menschen?

Um so unerbittlicher wogt der Streit über die Frage, wie denn diese Informationsgesellschaft konkret aussehen werde. Während die einen den Schlüssel zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit und zur Vollbeschäftigung von einer Konzentration aller politischen und wirtschaftlichen Energie auf den technischen Fortschritt erwarten, bringt eben diese Entwicklung in den Augen der andern steigende Arbeitslosigkeit und eine zunehmende Entmündigung des Menschen mit sich. Einiges deutet darauf hin, dass wir am Beginn einer neuen langen Wachstumswelle à la Kondratieff stehen, die irgendwann in den neunziger Jahren ihren Höhepunkt erreichen könnte auf Grund eines Aufschaukelungsprozesses zwischen dem Aufbau von Infrastrukturen, Ausrüstungsgüterindustrien und Lebensgewohnheiten, die auf eine volle Nutzung der Informationstechnik gerichtet sind.

## Von mechanistischen Strukturen . . .

Gleichzeitig aber zeichnen sich wachsende gesellschaftliche Probleme ab, die überspitzt etwa folgendermassen umrissen werden können: Nach wie vor sieht in der Wirtschaftswissenschaft und in den Köpfen zahlreicher Manager eine Unternehmung ähnlich wie ein kompliziertes Räderwerk aus, in das sich der Mensch gemäss den Idealen der «wissenschaftlichen Betriebsführung» von W.F. Taylor möglichst reibungslos einfügen hat. Das geht aber nur, soweit seine Tätigkeiten genauestens definiert und strukturiert sind. Freilich sind gerade diese wohldefinierten und strukturierten Tätigkeiten am leichtesten durch die immer leistungsfähigeren Maschinen zu ersetzen. «Hoch im Kurs» bleiben damit letztlich die Führungsschichten, welche mit grosser Dynamik eine Innovationspolitik à la Miti, Esprit oder Eureka betrei-

Erschienen in der Beilage «Technologie und Gesellschaft» der Neuen Zürcher Zeitung Nr. 98 vom 29. April 1987.