

# Digitale Photogrammetrie für Aufgaben der amtlichen Vermessung

Autor(en): **Kölbl, O.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **92 (1994)**

Heft 12

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235100>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Digitale Photogrammetrie für Aufgaben der amtlichen Vermessung

O. Kölbl

Mit vorliegendem Aufsatz wird eine etwas freie Zusammenfassung eines Seminars gegeben, welches das Institut für Photogrammetrie der EPFL vom 20.–24. Juni 1994 unter dem Titel «Digitale Photogrammetrie in der amtlichen Vermessung und in Landinformationssystemen» organisierte. Grosse Vorzüge der digitalen Photogrammetrie ergeben sich aus der Automatisierung verschiedener Messoperationen, wie dies bei der Aerotriangulation oder der Messung von Höhenpunkten erforderlich ist. Dadurch lässt sich eine beträchtliche Leistungssteigerung bei photogrammetrischen Arbeiten für Aufgaben der amtlichen Vermessung erzielen, wie etwa für die Verdichtung von Fixpunkten oder die Bestimmung des digitalen Geländemodells. Darüberhinaus ermöglicht das digitale Luftbild, Strichkarten wesentlich anschaulicher zu gestalten und erlaubt auf zahlreiche beschreibende Elemente zu verzichten. Die digitale Photogrammetrie ist nur mehr begrenzt an Spezialgeräte gebunden und erfolgt an Arbeitsstationen, wie sie auch im GIS-Bereich verwendet werden. Damit eröffnet sich der Einsatz der Photogrammetrie einem breiten Benutzerkreis. Insgesamt sollte von der digitalen Photogrammetrie eine Bereicherung ausgehen, die erlaubt, im Rahmen der Aufgaben der amtlichen Vermessung, besser den Bedürfnissen der Allgemeinheit nach raumbezogenen Daten nachzukommen.

*L'article présente un résumé du séminaire organisé du 20 au 24 juin 1994 par l'Institut de photogrammétrie de l'EPFL sous le titre «Photogrammétrie numérique en mensuration officielle et en liaison avec des systèmes d'information». Le grand avantage offert par la photogrammétrie numérique est l'automatisation des diverses opérations de mesure pour la triangulation aérienne ou la mesure altimétrique des points. Il en résulte une augmentation considérable des travaux photogramétriques pouvant être appliqués en mensuration officielle, comme par exemple la densification du réseau de points fixes ou la détermination de modèles numériques du terrain. D'autre part, la photogrammétrie numérique permet de rendre beaucoup plus figuratives les cartes de signatures et de renoncer à lever certains éléments descriptifs. La photogrammétrie numérique n'étant plus le fait d'instruments spécifiques mais pouvant être effectuée sur des stations de travail telles celles utilisées dans le domaine des SIG s'ouvre par conséquent à un large cercle d'utilisateurs. En résumé, on peut espérer que dans le cadre de la mensuration officielle la photogrammétrie numérique permette à l'avenir de mieux satisfaire les besoins du grand public en données à référence spatiale.*

### 1. Einführung

Innerhalb von nur wenigen Jahren hat die digitale Photogrammetrie bereits eine recht starke Verbreitung gefunden und sich in der Praxis bewährt. Das wohl offensichtlichste Produkt dieser neuen Technik ist das digitale Orthophoto. An sich sind Orthophotos nichts Neues und wurden bereits vielfach eingesetzt, etwa in Graubünden im Zuge der beschleunigten Katastervermessung. Neu ist jedoch die recht effiziente Integration dieser Orthophotos in Landinformationssysteme und in die Projektierungsarbeit am Bildschirm (vgl. [1]).

Grosse Vorzüge der digitalen Photogrammetrie ergeben sich auch aus der Automatisierung verschiedener Messoperationen, wie dies bei der Aerotriangulation oder der Messung von Höhenpunkten erforderlich ist. Eine weitere Leistungs-

steigerung kann wohl vom kinematischen GPS erwartet werden; auf diese Weise lässt sich während der Bildaufnahme die Position des Aufnahmezentrums der Luftbildkamera ermitteln; diese beiden Hilfsmittel dürften eine ganz wesentliche Leistungssteigerung der photogrammetrischen Punktbestimmung mit sich bringen. Vom 20.–24. Juni 1994 organisierte das Institut für Photogrammetrie ein Seminar zum Thema «Digitale Photogrammetrie in der amtlichen Vermessung und in Landinformationssystemen». An diesem Seminar wurde mit einer beträchtlichen Anzahl von Vorträgen aus Hochschulen und vor allem aus der Praxis aufgezeigt, welche Möglichkeiten diese neuen Arbeitsverfahren für Vermessungsaufgaben bieten. Diese Arbeitsverfahren kommen auch sehr den Forderungen der amtlichen Vermessung entgegen, um Alternativen zu

den klassischen Verfahren zu bieten, und eine beschleunigte Ausführung von verschiedenen Ebenen der Werke zu ermöglichen (vgl. [2]).

In dem vorliegenden Heft können nur einige wenige Beiträge zu dem erwähnten Seminar wiedergegeben werden. Vor allem aus finanziellen Gründen war es nicht möglich, sämtliche Aufsätze zu publizieren. Eine vollständige Dokumentation kann vom Institut für Photogrammetrie bezogen werden. Mit vorliegendem Beitrag wird versucht, wesentliche Aspekte der digitalen Photogrammetrie, welche an dem Seminar diskutiert wurden, zusammenzufassen; es wird danach getrachtet, diese Präsentation in Form eines lesbaren Aufsatzes mit auch recht freien Auslegungen zu gestalten.

### 2. Arbeitsmethoden

#### 2.1 Bildabtastung

Bei der digitalen Photogrammetrie erfolgt die Auswertung der Luftbilder im Computer; dies bedingt, dass das Luftbild zunächst digitalisiert wird, um anschliessend mit den Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung weiterverarbeitet zu werden (vgl. Abb. 1). Diese Digitalisierung erfolgt auf Scannern, bei denen das Bild mittels Photosensoren abgetastet wird (vgl. Abb. 2, 3). Lange Zeit wurden hierfür Trommelscanner eingesetzt; bei diesen Geräten ist jedoch die geometrische Genauigkeit problematisch, da der Film meist nicht genügend fest auf die Trommel aufgespannt werden kann. Inzwischen setzen sich mehr und mehr die Flachbettscanner durch.

Ogleich heute Scanner für die Bilddigitalisierung, wie etwa in der Druckindustrie, sehr gebräuchlich sind, werden für photogrammetrische Aufgaben Spezialgeräte benötigt. Luftbilder weisen eine sehr hohe Bildqualität auf; will man diese hohe Bildqualität einigermaßen ausschöpfen, so muss auch der Scanner das erforderliche Auflösungsvermögen aufweisen. Weitere wichtige Anforderungen sind geringes Rauschen der elektronischen Komponenten und ein hoher Dynamikbereich bei der optischen Dichte; letzterer ist vor allem wichtig, um auch die Abtastung von Originalnegativen zu erlauben und deren numerische Umwandlung in Positive. Viele Objekte wie Strassen, Häuser oder Dächer sind sehr hell, werden aber im Negativ dunkel wiedergegeben. Kann nun der Scanner diese unterschiedlichen dunklen Bildpartien im Negativ nicht genügend herausarbeiten, so ist das resultierende Bild unbefriedigend (vgl. Abb. 4).

Begnügt man sich mit stark reduzierten Qualitätsanforderungen, so kann beispielsweise selbst ein «Desk top» Scanner für photogrammetrische Aufgaben eingesetzt werden. Entscheidend sind jedoch

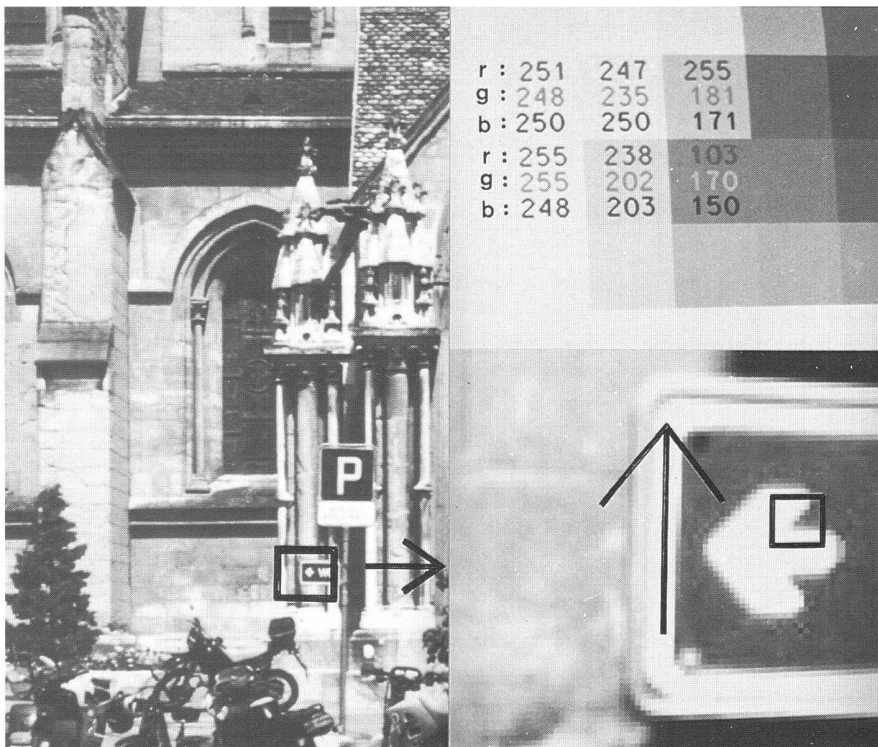


Abb. 1: Bild der Fassade der Kathedrale Lausanne, abphotographiert vom Bildschirm einer digitalen Arbeitsstation. Das Bild links zeigt die Fassade in normaler Wiedergabe, rechts unten erkennt man einen Bildausschnitt, der bereits die Pixelstruktur erkennen lässt, und der rechte obere Ausschnitt zeigt nun sehr stark vergrössert die einzelnen Pixel. Das Originalbild ist in Farbe, im rechten oberen Teil wurden noch die numerischen Pixelwerte für die drei Farbkomponenten rot (r), grün (g) und blau (b) ausgewiesen. Ein sehr heller Ton hat einen Grauwert von 200 bis zu ein Maximum von 255, wohingegen dunkle Töne Werte bis zu 0 aufweisen können; das heisst, dass ein Bildelement im allgemeinen mit Grauwerten von 0 bis 255 beschrieben wird, also 8 bit. Für Farbbilder werden die drei Spektralbereiche rot, grün und blau ausgewiesen.

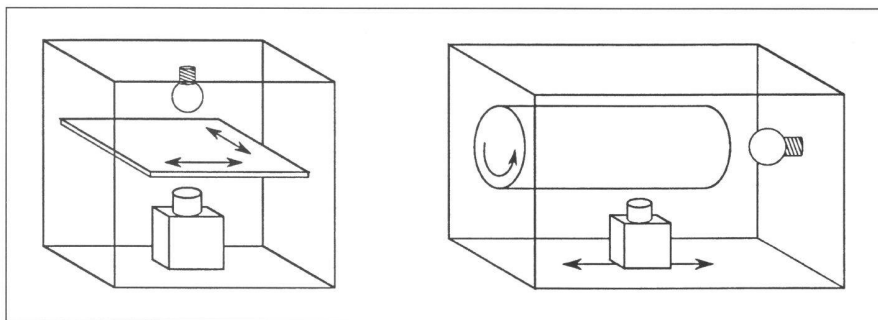


Abb. 2: Prinzipschema eines Bildscanners, links ein Flachbettscanner und rechts ein Trommelscanner.

die angestrebte Pixelgrösse, die Toleranzen bei der Grauwertwiedergabe und die Anforderungen an die geometrische Genauigkeit. Im allgemeinen lässt sich ein Luftbild bis zu 10x vergrössern. Dabei werden Pixelgrössen von zirka 10  $\mu\text{m}$  angestrebt (~2500 Pixel pro Zoll ~25 000 Punkte oder «dots per inch»). Bei einem Luftbild der Landestopographie im Massstab 1:30 000 entspricht dies einer Bodenauflösung in Pixel von 30 cm. Wird demgegenüber eine Auflösung von 50  $\mu\text{m}$  oder 1–2 m am Boden angestrebt, so kann man auch eine Vergrösserung an einem einfa-

chen A3- oder A4-Scanner abtasten; im allgemeinen ist es jedoch viel wirtschaftlicher, qualitativ hochwertige Scanner zu benutzen und die Bildqualität von Luftbildern voll auszuschöpfen.

## 2.2 Einsatz von Bilddaten und die Erstellung von Orthophotos

Der einfachste Einsatz von Bilddaten ist wohl deren Anzeige auf einem Bildschirm, wobei das Luftbild mit Strichzeichnungen überlagert werden kann. Zahlreiche CAD- und GIS-Programme erlauben bereits die Kombination mit Bilddaten, wie etwa Ada-

lin, Argis, Microstation und andere (vgl. Abb. 5).

Eine geometrisch korrekte Überlagerung eines Luftbildes mit einem Plan bedingt eine geometrische Anpassung des Luftbildes. Im einfachsten Fall genügt hierfür eine Drehstreckung. Die meisten Softwarepakete welche Bildüberlagerungen erlauben, sind für Massstabsänderungen und Drehungen ausgelegt. Eine exakte Überlagerung bedingt jedoch die Erstellung eines digitalen Orthophotos. Das heisst, dass das Luftbild umgeformt wird, um schliesslich exakt der Geometrie einer Karte zu entsprechen. Benötigt werden hierzu die Orientierungselemente des Luftbildes, d.h. Kammerstandpunkt und Bildneigungen, sowie Information über das digitale Geländemodell.

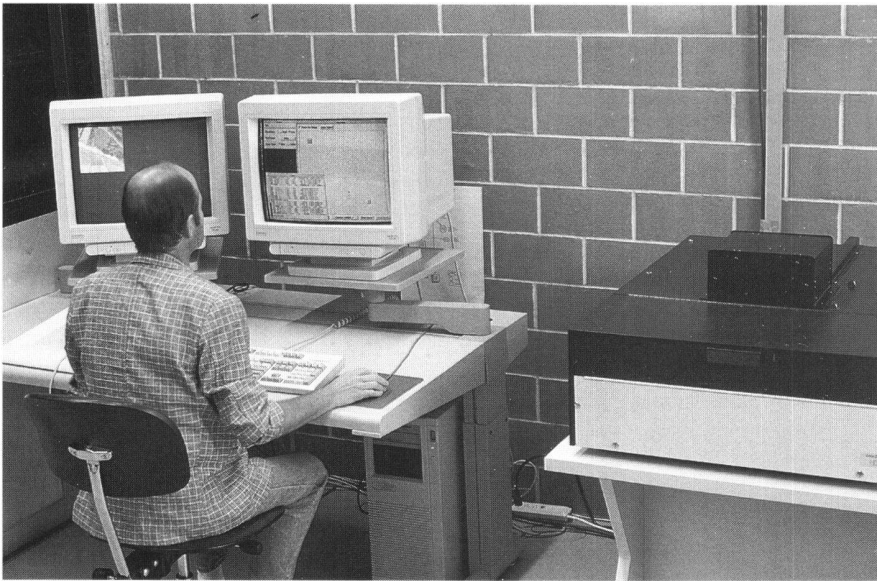
Es handelt sich hierbei um Angaben, die relativ leicht erhalten werden können. Bezüglich des digitalen Geländemodells ist es am einfachsten, auf die Daten des Bundesamts für Landestopographie zurückzugreifen. Dieses Amt hat ein digitales Geländemodell auf der Basis der Landeskarte 1:25 000 aufgebaut, welches bereits grosse Teile der Schweiz umfasst. Die Genauigkeit dieses digitalen Geländemodells beträgt  $\pm 1\text{--}2\text{m}$  im Mittelland und sollte eine Lagegenauigkeit der Orthophotos von  $\pm 0,5$  bis  $\pm 1\text{m}$  bei Weitwinkelaufnahmen erlauben; bei Normalwinkelaufnahmen ( $c = 30\text{cm}$ ) kann sogar mit der doppelten Genauigkeit gerechnet werden. Die Orientierungselemente lassen sich recht einfach aus Passpunktkoordinaten ermitteln. Werden die Bilder der Landestopographie für die Herstellung von Orthophotos verwendet, so dürfte es meist genügen, die Passpunktkoordinaten aus der Landeskarte abzugreifen; bei höheren Genauigkeitsanforderungen können der Übersichtsplan, der Katasterplan oder auch Fixpunkte im Gelände herangezogen werden. Die eigentliche Umbildung erfolgt dann mittels eines Rechenprogramms, wobei die ursprüngliche Bildmatrix so umgeformt wird, dass das Bild schliesslich innerhalb der erwähnten Genauigkeitsgrenzen der Geometrie einer Karte entspricht.

Die erwähnte Messung der Passpunktkoordinaten und die Umformung einer Bildmatrix in ein Orthophoto stellt an sich keine besonders hohen Anforderungen an ein Rechenprogramm. Allerdings sind die meisten Rechenprogramme in komplexe photogrammetrische Programmpakete eingebettet und damit relativ «teuer». Es zeichnet sich jedoch ab, dass vor allem im GIS-Bereich recht kostengünstige Programmpakete für diese Aufgaben in absehbarer Zeit angeboten werden.

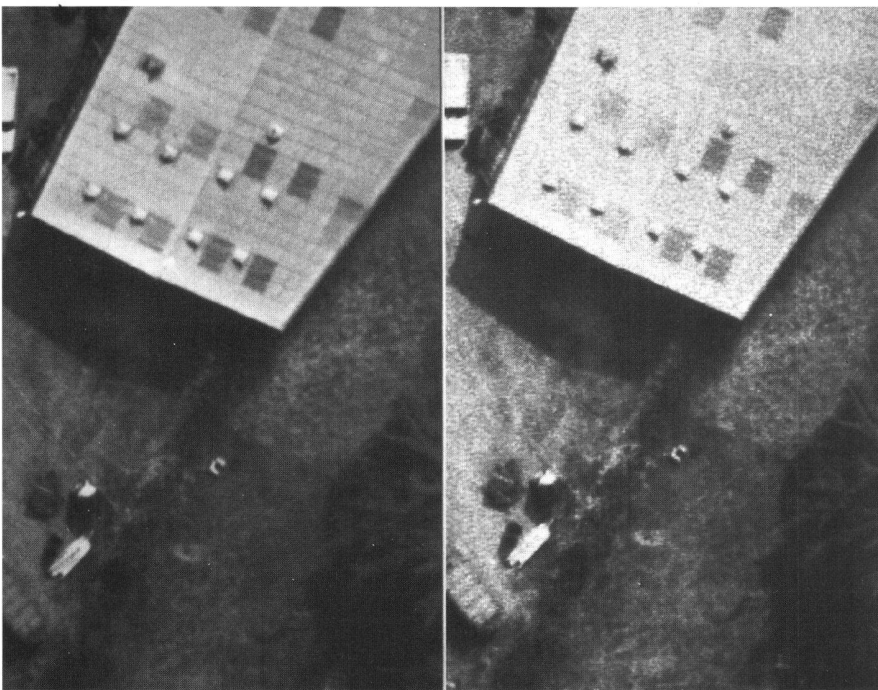
## 2.3 Photogrammetrische Arbeitsstationen

Für die eigentliche Stereoauswertung steht auf der einen Seite nach wie vor der





**Abb. 3:** Präsentation des Helava Bildscanners DSW100. Man erkennt rechts das eigentliche Abtastgerät mit den Bildträgern und den digitalen Kammern und links die zwei Monitore. Der linke Monitor gibt einen Ausschnitt des Bildes wieder, wohingegen der rechte Monitor verschiedene Menüs zur Kontrolle der Abtastungen zeigt.



**Abb. 4:** Vergleich einer Bildabtastung eines Positivs (links) und eines Negativs (rechts). Das original abgetastete Negativ wurde numerisch in ein Positiv umgewandelt und zeigt in den hellen Bildpartien, vor allem am Dach des Gebäudes, ein sehr starkes Rauschen, welches von den Photosensoren erzeugt wird. Man erkennt im linken Bild noch sehr deutlich die Dachstruktur, wohingegen im rechten Bild die Rillen durch ein starkes Rauschen übertönt werden. Dies kommt daher, dass der Photosensor in den dunklen Bildpartien (im Negativ ist das Dach dunkel) nur mehr eine sehr geringe Empfindlichkeit aufweist.

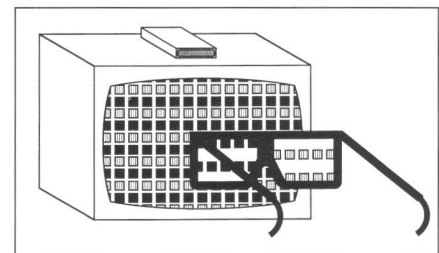
analytische Plotter zur Verfügung. Zum anderen werden mehr und mehr auch vollständige digitale Arbeitsstationen eingesetzt (vgl. [3]). Bei diesen Arbeitsstationen wird ähnlich wie bei den GIS-Stationen das Luftbild am Bildschirm angezeigt. Man

begnügt sich jedoch nicht mit der Anzeige eines einzelnen Bildes, sondern zeigt zwei sich überdeckende Luftbilder an, welche nun in stereo betrachtet werden können. Für die Stereobetrachtung kann ein Polarisationsverfahren verwendet werden; das

heißt, der Operateur trägt Polarisationsbrillen, gleichfalls weist der Bildschirm Fazilitäten auf, um die beiden sich überdeckenden Bilder entsprechend zu polarisieren, so dass der Betrachter mit dem linken Auge effektiv das linke Bild sieht und mit dem rechten das komplementäre. Dieses Verfahren wird bei der Leica-Helava Arbeitsstation verwendet; zur Betrachtung dient der Polarisationsbildschirm von Tektronix.

Ein anderes weit verbreitetes System ist das Flickerprinzip; allerdings werden nicht mehr mechanische Blenden verwendet, sondern Kerrzellen, die elektronisch geöffnet und geschlossen werden. Das Verfahren wurde bekannt unter dem englischen Ausdruck «Liquid Cristal Eye Shutters». Man benützt hierbei eine Eigenart von elektronischen Bildschirmen bei der Anzeige der Bilder. Um den Augen ein möglichst ruhiges Bild darzustellen, wird im allgemeinen auf dem Bildschirm in einem Frequenztakt von beispielsweise 100 Hz nur jede zweite Linie angezeigt, und in einem zweiten Frequenztakt werden die nun fehlenden Linien ergänzt. Man zeigt nun in dem ersten Frequenztakt das linke Bild an, wobei hier sämtliche ungeraden Zeilen verwendet werden, und das rechte Bild in den Zeilenlücken (vgl. Abb. 6); das heißt, es werden dazu sämtliche geradzahigen Zeilen verwendet. Es ergibt sich so eine Bildüberlagerung, wobei die Bilder durch eine elektronisch gesteuerte Flickerbrille betrachtet werden können. Dieses Prinzip wird beispielsweise bei der Intergraph ImageStation (vgl. Abb. 7) oder bei der digitalen Arbeitsstation Phodis von Zeiss angewendet.

Wie an GIS-Arbeitsstationen ermöglicht die digitale photogrammetrische Arbeitsstation eine sehr intensive Interaktion mit der Information einer Datenbank. Die



**Abb. 5:** Prinzip der Stereowiedergabe von Luftbildern nach dem Flickerprinzip an einem Monitor. Das linke Bild ist in jeder zweiten Zeile (dunkel) enthalten, wohingegen das rechte Bild in den Lücken erscheint. Durch eine elektronisch gesteuerte Brille werden dem linken Auge in einem 100-Hz-Takt nur immer die geraden Zeilen des Monitors präsentiert, wohingegen dem rechten Auge die ungeraden Zeilen präsentiert werden. Die Steuerung der Brille erfolgt über einen Lasersender, der oben auf dem Bildschirm angebracht ist.





Überlagerung der Stereoluftbilder mit den geometrischen Daten eines GIS-Systems ist sehr einfach möglich und erlaubt eine sehr effiziente Kontrolle der Information und deren Nachführung (vgl. [4]). Freilich ist zu beachten, dass die Stereoüberlagerung nur möglich ist, wenn die geometrischen Referenzdaten nicht nur Lagekoordinaten, sondern auch die Höhen enthalten.

Ein anderes wichtiges Element an einer photogrammetrischen Arbeitsstation ist

**Abb. 6: Digitale photogrammetrische Arbeitsstation ImageStation von Intergraph. Der Operateur betrachtet das Stereobild über eine Flickerbrille (liquid cristal eye shutters). Zur Steuerung der Messmarke im Stereobild steht eine Maus zur Verfügung, deren Position über einen Digitalisiertisch dem Gerät übermittelt wird.**



**Abb. 7: Digitales Orthophoto in Farbe mit überlagertem Inhalt eines Grundbuchplans. Das Farbbild wurde mit dem digitalen Geländemodell des Bundesamtes für Landestopographie in ein Orthophoto umgewandelt (der Grundbuchplan wurde uns freundlicherweise von der «Direction des mensurations du Canton de Vaud» zur Verfügung gestellt).**



die Möglichkeit, Messoperationen durch Algorithmen der Bildverarbeitung zu unterstützen. Am weitesten fortgeschritten ist wohl heute das Verfahren der automatischen Punktübertragung von einem Luftbild zum anderen, wie es für die Aerotriangulation benötigt wird (vgl. [5], [6]). Hierzu werden Korrelationsalgorithmen verwendet, wobei man jedoch davon ausgeht, dass der Operateur zunächst eine Region auswählt, die sich auch für die Punktübertragung eignet. Sehr intensiv wird auch an dem Einsatz dieser Korrelationsverfahren für die vollautomatische Ableitung von digitalen Geländemodellen gearbeitet (vgl. [7], [8]). Für kleinmassstäbige Operationen, etwa für Luftbildmassstäbe 1:50 000 oder auch für Satellitenaufnahmen, wird hierbei eine durchaus interessante Genauigkeit erzielt. Demge-

genüber dürfte gegenwärtig die Zuverlässigkeit für die Ableitung von digitalen Geländemodellen in grösseren Massstäben noch nicht voll ausreichen. Ein weiteres Gebiet intensiver Forschung ist die vollautomatische Verfolgung von Objekten, wie beispielsweise Strassen, oder die vollautomatische Erkennung und Darstellung von Gebäuden. Hier ergibt sich jedoch der Eindruck, dass diese Algorithmen noch nicht praxisreif sind und noch einer intensiven Forschung bedürfen. Insgesamt haben sich jedoch die digitalen Arbeitsstationen, vor allem für die Lagekartierung und Aufgaben der Aerotriangulation, bereits sehr bewährt.

## 2.4 Datenausgabe

Für viele Aufgaben ist es noch immer erforderlich, Plandokumente auszudrucken,

obgleich die eigentliche Arbeit mit räumlichen Daten mehr und mehr unmittelbar an der interaktiven Arbeitsstation erfolgt. Für die Planausgabe stehen heute nach wie vor die verschiedenen Plotter, sowie auch Präzisionsgeräte, wie digitale Zeichentische, zur Verfügung. Für Rasterdaten drängt sich für die Präzisionsausgabe der Photoplotter auf, wohingegen Farbrasterplotter, vor allem in grösseren Formaten, einige Qualitätseinbussen mit sich bringen. Es dürfte aber nur eine Frage der Zeit sein, bis auch hier Geräte zur Verfügung stehen, mit denen recht einfach hochqualitative Produkte erzeugt werden können. Für die meisten Ansprüche dürfte es heute bereits genügen, das Luftbild zusammen mit den überlagerten Plandaten auf einem Farbrasterplotter auszudrucken (vgl. Abb. 7). Die Kosten für einen derarti-



**Abb. 8:** Simulierte Schrägansicht eines Geländes, ausgehend von einem digitalen Orthophoto der Region und dem digitalen Geländemodell. Man erkennt, dass die Gebäude nicht der Geometrie des Betrachters entsprechen, da das Höhenmodell nur das Gelände beschreibt, nicht aber Gebäude modelliert.



gen Druck sind heute bereits relativ gering, und es ist möglich, diese Ausgaben «auf Anfrage» zu erstellen und damit auf den Druck «auf Vorrat» zu verzichten.

## 2.5 Datenverwaltung und Datenmanagement

Bei der Bildverarbeitung fallen relativ grosse Datenmengen an. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass ein Luftbild in Farbe, bei entsprechend detaillierter Abtastung, durchaus einen Plattenspeicher von 1 Gigabyte füllen kann. Obgleich diese Daten nur bei der eigentlichen Bearbeitung am Massenspeicher vorhanden sein müssen, ergeben sich zunächst einmal beträchtliche Anforderungen an die zu verwendende Hardware. Ähnliche Speicherprobleme beim Umgang mit Bilddaten ergaben sich auch in anderen Bereichen, beispielsweise bei der Interpol, bei der etwa die Aufnahmen von gesuchten Personen möglichst effizient gespeichert und übertragen werden müssen. Es wurden daher Rechenalgorithmen entwickelt, welche eine Datenkompression erlauben. Sehr bewährt hat sich die JPEG-Datenkomprimierung. Dabei werden Bildsektionen von 8x8 oder 16x16 Pixel in das Frequenzspektrum (Cosinustransformation) umgewandelt und Amplituden unter einem bestimmten Schwellwert unterdrückt. Diese Art der Datenkompression erlaubt Schwarzweissbilder bis etwa zu einem Faktor 5 zu komprimieren, Farbbilder bis zu einem Faktor 10. Damit wird erreicht, dass die Bilddaten relativ leicht auf Massenspeichern mit den heute üblichen Kapazitäten gespeichert werden können. Es ist allerdings wichtig, dass die Daten nur bei Bedarf dekomprimiert werden, das heisst, nur jene Ausschnitte eines Bildes, die effektiv am Bildschirm angezeigt werden. Wesentlich weniger effizient ist es, wenn die Datendekomprimierung in einem «Off-line»-Prozess, vorgängig zur Datenbearbeitung, erfolgen muss.

## 3. Einsatz der Photogrammetrie für die Aufgaben der amtlichen Vermessung

### 3.1 Fixpunktbestimmung

Wie bereits erwähnt, zeichnet sich in der photogrammetrischen Punktbestimmung mittels Aerotriangulation eine ganz wesentliche Leistungssteigerung ab. Dazu trägt einerseits die Automation der Punktübertragung bei und zum anderen der Einsatz von kinematischen GPS bei der Bildaufnahme. Beide Entwicklungen sind allerdings noch stark im Fluss. Der Einsatz von GPS zur Bestimmung der Projektionszentren während des Bildflugs erlaubt die Anzahl der erforderlichen Passpunkte ganz drastisch zu reduzieren (vgl. [9], [10], [11], [12]). Praktisch sollte es hier-

bei genügen, Passpunkte nur mehr in den Blockecken vorzusehen, allerdings setzt dies die Verwendung von Querstreifen voraus. Die dabei erzielbare Genauigkeit liegt gegenwärtig um  $\pm 10$  cm. Diese Genauigkeit reicht zwar für technische Projekte vollauf, genügt aber noch nicht für die Fixpunktbestimmung. Eine weitere Genauigkeitssteigerung darf von technischen Verbesserungen bei den GPS-Empfängern erwartet werden, wie etwa die Verwendung von Zwei-Phasensystemen. Eine wichtige Effizienzsteigerung bei der Aerotriangulation ergibt sich auch durch die Verwendung von Verfahren der digitalen Bildverarbeitung. Bei der Aerotriangulation an einer digitalen Arbeitsstation lassen sich die Übertragungspunkte sehr einfach kennzeichnen und es entfällt damit die mühsame Skizzierung der Punkte oder die Punktmarkierung. Damit erfordert eine Aerotriangulation kaum mehr eine Vorbereitung. Ein weiteres wichtiges Element ist die automatische Punktübertragung. Punkte, welche in einem Bildpaar bestimmt wurden, können mittels Verfahren der digitalen Bildverarbeitung automatisch auf die Nachbarbilder übertragen werden. Hierbei empfiehlt sich aber eine strikte visuelle Kontrolle, um die Zuverlässigkeit sicherzustellen. Bei dieser automatischen Punktübertragung werden sehr hohe Genauigkeiten erzielt, etwa vergleichbar mit signalisierten Übertragungspunkten (vgl. [5], [6]).

Vor allem durch die digitalen Verfahren ergibt sich eine ganz wesentliche Leistungssteigerung bei der Aerotriangulation. Man spricht davon, dass in einem Produktionsbetrieb an der ImageStation von Intergraph 60 Modelle an einem 8 Stunden Arbeitstag routinemässig gemessen werden. Dieses hohe Leistungspotential eröffnet auch für die Fixpunktbestimmung neue Perspektiven. Man kann sich vorstellen, dass mit relativ grossen Bildmassstäben, vielleicht 1:3000, grosse Gebiete beflogen werden, um beispielsweise das Polygonnetz oder auch die Triangulation zu erneuern. Dies setzt allerdings voraus, dass das Fixpunktnetz der amtlichen Vermessung eine entsprechend hohe Genauigkeit aufweist und lokale Deformationen vernachlässigt werden können. Es sei daran erinnert, dass das gegenwärtige Fixpunktnetz der amtlichen Vermessung auf die Landestriangulation abstützt, welche noch im vorigen Jahrhundert gemessen wurde (vgl. [13], [14]). Inzwischen baut das Bundesamt für Landestopographie ein neues Fixpunktnetz, basierend auf GPS-Messungen, auf. In dieses GPS-Fixpunktnetz LV95 soll auch die Landestriangulation eingerechnet werden. Für zwangsfreie Messungen zwischen terrestrischen Aufnahmen, GPS-Messungen und photogrammetrischen Erhebungen wäre es von grosser Wichtigkeit, dass auch die Grundbuchvermessung in

absehbarer Zeit dieses neue Referenznetz als Basis verwenden würde. Von Seiten der Vermessungsdirektion wird jedoch befürchtet, dass der Übergang zu einem neuen Referenzsystem aus organisatorischen und ökonomischen Gründen nicht durchführbar ist (vgl. [15]).

### 3.2 Das digitale Geländemodell

Wie bereits erwähnt, liegt für grosse Teile der Schweiz ein digitales Geländemodell vor, welches aus der Landkarte 1:25 000 abgeleitet wurde. Die Genauigkeit beträgt zwischen  $\pm 1$ – $2$  m im Mittelland; im Bergland und im Alpenraum können jedoch erheblich grössere Fehler auftreten (vgl. [16]). Für die Erhebung von digitalen Geländemodellen hat sich die Photogrammetrie bereits seit langem bestens bewährt und ist in der Lage, Genauigkeitsanforderungen bis zu 10 cm und gegebenenfalls noch höher zu erfüllen (vgl. [17]). Voraussetzung ist natürlich, dass das Gelände einigermaßen einsehbar ist; das bedeutet, dass dichte Waldgebiete nach wie vor mit terrestrischen Methoden aufgenommen werden müssen, falls diese hohen Genauigkeitsansprüche erfüllt werden sollen.

In der digitalen Photogrammetrie werden auch grosse Anstrengungen unternommen, um die Ableitung des digitalen Geländemodells zu automatisieren. Von der Industrie werden inzwischen Softwarepakete offeriert, welche eine automatische Ableitung des digitalen Geländemodells erlauben. Intergraph und Zeiss offerieren die Softwarepakete der Universität Stuttgart «Match-T», und Helava ein selbständig entwickeltes Softwarepaket auf der Arbeitsstation DPW. Zahlreiche Hochschulinstitute, wie beispielsweise die ETH-Zürich (vgl. [8]) und die ETH-Lausanne, befassen sich mit analogen Entwicklungen. Nach einer Genauigkeitsanalyse welche in Lausanne ausgeführt wurde (vgl. [7]), kann zwar mit diesen Rechenprogrammen im offenen Gelände eine sehr hohe Genauigkeit erreicht werden, dagegen muss in bebautem Gebiet und in Regionen mit Baumbestand damit gerechnet werden, dass die Ergebnisse der automatischen Höhenmessung visuell zu überprüfen und zu korrigieren sind. In bebautem Gebiet können dabei bis zu 10% und mehr der Punkte Fehler aufweisen, welche den dreifachen mittleren Fehler übersteigen.

In der amtlichen Vermessung ist vorgesehen, zumindest vorläufig, das digitale Geländemodell der Landestopographie für landwirtschaftliches Gebiet und Bergland heranzuziehen. Für Regionen mit höheren Genauigkeitsanforderungen, wie das bebaute Gebiet, wird sich wohl nach wie vor die Photogrammetrie offerieren, wobei allerdings noch einige Zeit die visuellen Messmethoden ein Übergewicht behalten werden.



### 3.3 Orthophotos und Visualisierung

Das wohl wichtigste Produkt der digitalen Photogrammetrie ist gegenwärtig das Orthophoto. Unter anderem hat der Kanton Solothurn im letzten Jahr das gesamte Kantonsgebiet mit Orthophotos überdeckt. Nachfolgender Beitrag vom Kantonsgeometer von Solothurn P. von Däniken gibt eine detaillierte Beschreibung über die Erfahrung mit Orthophotos (vgl. auch [18]). Bemerkenswert ist bei der Arbeit im Kanton Solothurn, dass sich bereits relativ viele Amtsstellen dieses neuen Mediums bedienen. Obgleich die Erfahrung sehr positiv ist, wird es wahrscheinlich noch einige Zeit dauern, bis alle potentiellen Interessenten in der Lage sind, die Bilddaten an ihren Arbeitsstationen zu benutzen. Sehr günstige Voraussetzungen sind natürlich in einem Amt gegeben, wenn die Arbeitsstationen über einen zentralen Server betrieben werden. In grossen Teilen dürfte damit das digitale Orthophoto die Funktion des Übersichtsplans übernehmen. Natürlich stellt sich die Frage, inwieweit das digitale Orthophoto auch einen Teil der Information der Grundbuchvermessung ersetzen kann. Völlig unmöglich ist dies zweifellos bei den Eigentumsgrenzen und den Fixpunkten. Demgegenüber kann das digitale Orthophoto für Plausibilitätskontrollen der Eigentumsgrenzen bei Katastererneuerungen herangezogen werden. Bei der Ebene Bodenbedeckung ergibt sich ein Hindernis, da die im Orthophoto ersichtliche Bodenbedeckung nicht topologisch strukturiert ist, ferner sind viele Elemente einer subjektiven Interpretation unterworfen. Ein grosser Vorteil ist jedoch, dass das digitale Orthophoto sehr rasch hergestellt werden kann und den aktuellen Zustand des Aufnahmegebiets wiedergibt. Zweifellos hat das digitale Orthophoto in dicht bebautem Gebiet wegen den Verdeckungen gewisse Grenzen. Diese Regionen sollten aber bereits seit langem vermessen sein und weisen relativ wenig Veränderungen auf. Demgegenüber dürfte es in den Neubaugebieten und in Landwirtschaftsgebieten von grosser Bedeutung sein, sehr rasch aktuelle Darstellungen zu erhalten. Es ist wohl noch zu früh, klar zu definieren, welche Funktionalität nun digitale Orthophotos übernehmen können, sei dies bei der Katastererneuerung, bei einer vorläufigen oder vereinfachten Vermessung oder bei einer Vermessung entsprechend den Vorschriften der AV93. Wahrscheinlich dürfte ein digitales Orthophoto in Farbe mit überlagerten Grundstücksgrenzen und eventuell der Umrandung der Gebäude bereits zu 80 oder 90 % den Anforderungen an die amtliche Vermessung genügen. Es wäre jedoch unbedingt anzustreben, hierbei Farbbilder zu benutzen, da diese wesentlich leichter zu lesen sind (vgl. Abb. 7). Allerdings sind noch wenige GIS-Systeme

für die Visualisierung von Farbbildern (24 bit) geeignet. Schwarzweissbilder sind hingegen wesentlich schwieriger zu interpretieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt von Farbluftbildern ist die Modellierung. Mit geeigneten Programmen lassen sich Schrägansichten unter Hinzufügung des digitalen Geländemodells erzielen. Damit sollte es möglich sein, recht wirklichkeitsnahe Darstellungen von Projekten zu erarbeiten und auch besser dem Gelände bei der Projektierung Rechnung zu tragen (vgl. Abb. 8). Auf diesem Gebiet wird allerdings gegenwärtig eine sehr starke technologische Entwicklung beobachtet, und die meisten Softwareprodukte im GIS-Bereich lassen noch viele Wünsche bei der Modellierung offen.

### 4. Schlussfolgerungen

Die Verwendung von digitalen Luftbildern für Aufgaben der amtlichen Vermessung darf als eine ganz wesentliche Bereicherung angesehen werden. Aufgaben der Punktverdichtung mittels Aerotriangulation lassen sich mit den Hilfsmitteln der digitalen Bildverarbeitung ganz wesentlich beschleunigen. Darüberhinaus ermöglicht das digitale Luftbild, Strichkarten wesentlich anschaulicher zu gestalten und erlaubt, auf zahlreiche beschreibende Elemente zu verzichten. Die ersten Erfahrungen der amtlichen Vermessung haben diese Erwartungen durchaus bestätigt; es wird sich in der weiteren Anwendung zeigen, bis zu welchem Grad damit die Ausgestaltung der amtlichen Vermessung beeinflusst wird. Im Extremfall könnte man sich vorstellen, dass das digitale Orthophoto sämtliche beschreibende Elemente ersetzt und in der Signaturendarstellung nur mehr die Eigentumsgrenzen und die Fixpunkte belassen werden.

Eine Förderung der digitalen Photogrammetrie ist auch von den Bedürfnissen der Modellierung und der dreidimensionalen Visualisierung zu erwarten; eine Möglichkeit, die bisher nur sehr begrenzt in der amtlichen Vermessung Eingang fand. Zur Zeit existiert die dritte Dimension nur in Form des digitalen Geländemodells. Lageelemente werden meist nur zweidimensional erfasst, also ohne Höhen, und räumliche Objekte, wie Häuser, werden als «Flächenelemente» wiedergegeben. Die Modellierung einer Landschaft ist daher nur begrenzt möglich und die Modellierung einer Bauzone bedingt zahlreiche Zusatzereibungen. Durch die Hinzunahme photogrammetrischer Verfahren lassen sich solche Lücken aber durchaus schliessen.

Bemerkenswert ist, dass die digitale Photogrammetrie nicht mehr wie bisher an Spezialgeräte gebunden ist, sondern es werden Rechner verwendet, die auch als Arbeitsstationen für geographische Infor-

mationssysteme dienen. Damit sollten verschiedene Barrieren abgebaut werden können, wie sie sich heute noch durch die starke Spezialisierung von Photogrammetriebüros ergeben. Verfolgt man diese Idee weiter, so stellt man fest, dass Büros, welche im GIS-Bereich spezialisiert sind, auch photogrammetrische Bildauswertungen vornehmen können. Es wäre also gar nicht mehr nötig, sämtliche Daten auf «Vorrat» zu erheben, sondern man kann davon ausgehen, dass der klassische Benutzer der Daten auch gewisse Ergänzungen selbständig vornehmen kann. Wichtig ist nur, dass ihm dazu die erforderliche Basisinformation, d.h. die Luftbilder, nach Möglichkeit in digitaler Form, innerhalb nützlicher Zeit zur Verfügung gestellt werden kann. Vielleicht lässt sich damit auch im Vermessungswesen das Prinzip der Datenaufbereitung «Just in Time» einführen; ein Prinzip, das in der Industrie bereits mehr und mehr zur Anwendung gelangt. Insgesamt sollte von der digitalen Photogrammetrie eine Bereicherung ausgehen, die erlaubt, im Rahmen der Aufgaben der amtlichen Vermessung, besser den Bedürfnissen der Allgemeinheit nach raumbezogenen Daten gerecht zu werden.

#### Literatur:

- [1] A.G. Dumont: Planification des voies de circulation et rôle des données topographiques, 3 p.\*
- [2] M. Leupin: Potential der digitalen Photogrammetrie in der amtlichen Vermessung, 3 S.\*
- [3] A. Chapuis: Nouveautés en photogrammétrie numérique, description du flux des données d'un système photogrammétrie tout numérique, 7 p.\*
- [4] J.L. Colomer: Expériences pratiques avec une station de travail numérique au Service Topographique Catalan, 3 p.\*
- [5] O. Kölbl: Triangulation aérienne numérique: potentiel et efficacité, 6 p.\*
- [6] Th. Kersten, D. Stallmann: Halbautomatische Aerotriangulation an der Digitalen Photogrammetrischen Station DIPS II der ETH Zürich, 3 S.\*
- [7] O. Kölbl, K. de Laporte, D. Gasior, A.S. Walker: Multi-Templat-Matching, a Sensitive Matching Algorithm, 7 p.\*
- [8] D. Stallmann, Th. Kersten: Vom automatisch generierten DTM zum digitalen Orthophoto und zur Visualisierung, 4 S.\*
- [9] M. Cocard: Utilisation du GPS cinématique en aérotriangulation. Conditions techniques et premières expériences dans le bloc «Uster», 3 p.\*
- [10] Ch. Eidenbenz: Technische Voraussetzungen für den Einsatz von kinematischem GPS im neuen Flugzeug der Landestopographie, 4 S.\*



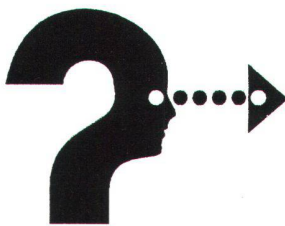
# Partie rédactionnelle

- [11] B. Merminod: ASCOT/GPS Testflight Buchs 1993, 7 p.\*
- [12] A. Flotron: Erfahrungen mit kinematischen GPS in der photogrammetrischen Katastervermessung am Beispiel der photogrammetrischen Parzellarvermessung Sonvilier, 3 S.\*
- [13] H. Chablais: Le réseau actuel de triangulation et le nouveau réseau national, MPGR 12/92, p. 726–728
- [14] H. Dupraz, M. Stahl: La rénovation de la triangulation du canton de Genève, 3 p.\*

- [15] R. Ammann: Die neuen Bundesvorschriften für Fixpunkte und die Beziehung zu LV95, 4 S.\*
- [16] M. Rickenbacher: Das digitale Höhenmodell DHM25 und seine möglichen Anwendungen in der amtlichen Vermessung, VPK 12/92, S. 735–737
- [17] A. Flotron: Digitale Geländemodelle hoher Auflösung, 4 S.\*
- [18] A. Sutter: Erfahrung mit der Herstellung digitaler Orthophotos, 8 S.\*

\* Aufsatz präsentiert am Seminar «Digitale Photogrammetrie in der amtlichen Vermessung und in Verbindung mit Landinformationssystemen», EPFL-Lausanne, Juni 1993, enthalten in den Proceedings.

Adresse des Verfassers:  
Prof. Dr. O. Kölbl  
EPFL-Photogrammétrie  
GR-Ecublens  
CH-1015 Lausanne



## Wohn- und Büroeinrichtung / Bürotechnik

- K + E Vertretung (LEROY, HERCULENE, STABILENE etc.)
- Fax- und Kopiergeräte, allgem. bürotechn. Geräte / Systeme

## Vermessungstechnik

- Laser- und Nivelliergeräte
- Kabellichtlote / Längenmessgeräte
- allgem. Vermessungszubehör

# Wernli & Co

Telefon 064 - 81 01 75  
Fax 064 - 81 01 76

Dorfstrasse 272  
5053 Staffelbach

*Eine brillante Idee ...*

**... wird beim Software-Design für Vermessungs- und Ingenieraufgaben benötigt. LISCAD Plus ist da!**

**Die Suche nach einer professionellen Vermessungs- und Ingenieur-Software für Windows™ ist zu Ende.**

Mit dem neuen LISCAD Plus bietet Ihnen Leica eine Auswahl integrierter Software-Module, die für Vermesser und Ingenieure massgeschneidert ist. LISCAD Plus zeichnet sich durch grosse Flexibilität sowie einfache Bedienung aus und steigert Ihre Produktivität.

**Öffnen Sie LISCAD Plus in Windows™ und lassen Sie das Licht herein ...**

Verlangen Sie noch heute Ihre Dokumentation.

Leica AG Verkaufsgesellschaft  
CH-8152 Glattbrugg, Kanalstrasse 21  
Tel. 01/809 33 11, Fax 01/810 79 37  
CH-1020 Renens, Rue de Lausanne 60  
Tél. 021/635 35 53, Fax 021/634 91 55