



## Videobildfolgen – Automatische Auswertung nicht schematischer Bildverbände für Low-Resolutionaufgaben

Gerald Fuxjäger <sup>1</sup>, Konrad Schindler <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ARGE Digitalplan ZT GmbH, Muenzgrabenstr. 4/1, A-8010 Graz

<sup>2</sup> ARGE Digitalplan ZT GmbH, Muenzgrabenstr. 4/1, A-8010 Graz

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **88** (2), S. 128–132

2000

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Fuxjaeger_VGI_200013,  
Title = {Videobildfolgen -- Automatische Auswertung nicht schematischer  
Bildverb{\a}nde f{\u}r Low-Resolutionaufgaben},  
Author = {Fuxj{\a}ger, Gerald and Schindler, Konrad},  
Journal = {VGI -- {\"}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {128--132},  
Number = {2},  
Year = {2000},  
Volume = {88}  
}
```



off-line erzeugen und speichern. Eine andere Möglichkeit ist gegeben mittels „Quickview“; hierbei wird die modellierte Szene gespeichert und on-line die Bewegungen angezeigt. Freilich ergeben sich Begrenzungen bei der graphischen Gestaltung.

Selbstverständlich lassen sich über das Informationssystem MGE die verschiedensten thematischen Karten auf Grund von Abfragen der Datenbank, mit der jeweils gewünschten Symbolik erzeugen (vgl. Bild 4). Eine Besonderheit ist die Möglichkeit zur Erzeugung von thematisch eingefärbten Orthophotos (vgl. Bild 5). Orthophotos sind ein ausgezeichnetes Mittel um eine Region möglichst wirklichkeitsgetreu darzustellen. Sehr vorteilhaft lassen sich Orthophotos auch mit Linien- und Punktsymbolik kombinieren. Die Verwendung von Flächensymbolen reduziert aber im allgemeinen sehr stark die Lesbarkeit des photographischen Inhalts. Ein Ausweg ist die Verwendung von Pseudofarben. Das heißt, der Bildinhalt wird nicht in den Farben des Photos, sondern in einer thematisch abgestimmten Farbe, wiedergegeben; etwa die Ksars in den Schattierungen von braun, die Neubauten in violett und die Vegetationsflächen in grün. Damit bleibt der photographische Bildinhalt lesbar,

seine thematische Zuweisung ist aber sehr leicht erkennbar.

## 5. Schlußfolgerungen

Mit vorliegendem Beitrag konnte das Konzept für eine „Dynamische Planung“ natürlich nur grob skizziert werden; viele Elemente sind noch in Entwicklung und es wird noch einige Zeit dauern bis ein geschlossenes System vorliegt. Für den Praktiker dürfte vor allem von Interesse sein, daß sich viele Aspekte mit dem ihm zur Verfügung stehenden Mitteln bereits realisieren lassen. Das CAD-System Microstation ist weit verbreitet und erlaubt bereits sehr weit in der Entwicklung eines dynamischen Planungsinstrumentes zu gehen. Wichtig ist auch festzustellen, daß mit diesem Produkt bereits viele Aspekte der virtuellen Realität realisiert werden können. Grenzen ergeben sich erst wenn einzelne Objekte innerhalb einer Szene zu bewegen sind oder wenn Videoaufnahmen zu integrieren sind.

*Anschrift des Autors:*

Prof. Dr. Otto Kölbl, EPFL-Photogrammétrie, GR-Ecublens, CH-1015 Lausanne, Otto.Koelbl@epfl.ch



## Videobildfolgen – Automatische Auswertung nicht schematischer Bildverbände für Low-Resolutionaufgaben

*Gerald Fuxjäger und Konrad Schindler, Graz*

### Kurzfassung

Bisher wurde die Möglichkeit, Videokameras für photogrammetrische Aufgaben zu verwenden, aufgrund technischer Einschränkungen wenig beachtet. Im Zuge der Bestrebungen zur Automatisierung des photogrammetrischen Messvorganges könnten Videofilme als Basis für die Bildmessung an Bedeutung gewinnen. Im folgenden wird daher ein kurzer Überblick über die Videogrammetrie gegeben.

### 1. Prinzip der Videogrammetrie

Videogrammetrie nennt man die photogrammetrische Auswertung von Aufnahmen, die mit einer Videokamera aufgezeichnet wurden. Das sind Bildserien mit niedriger Auflösung (768x568 Pixel nach der in Europa gültigen CCIR-Norm), jedoch hoher zeitlicher Frequenz (nach CCIR-Norm 50 Halbbilder pro Sekunde, interlaced).

Das können prinzipiell Aufnahmen mit fester Kameraposition und bewegtem Objekt, Aufnahmen mit bewegter Kamera und unbewegtem Ob-

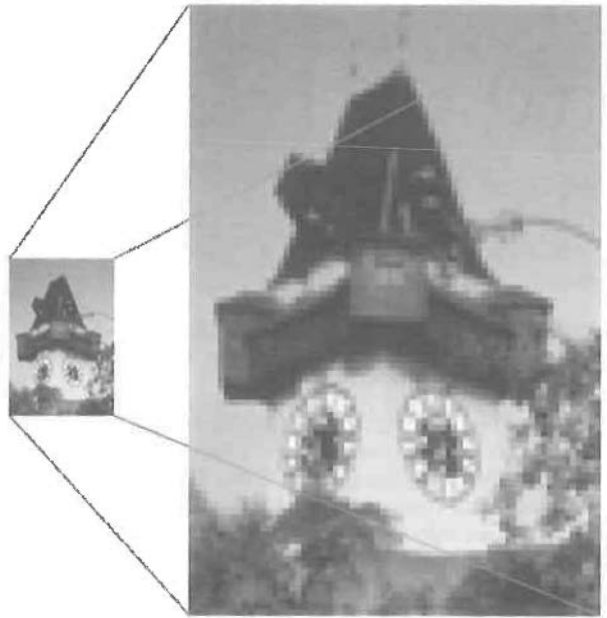
jekt, oder Aufnahmen mit bewegter Kamera und bewegtem Objekt sein.

### 2. Traditionelle Anwendungen

Die Auswertung von Videobildfolgen wurde in der Vergangenheit nicht für die Photogrammetrie entwickelt und angewendet, vielmehr liegen ihre traditionellen Anwendungsgebiete in den Bereichen Robotik, Strömungsforschung, industrielle Prozesssteuerung und -überwachung sowie in der medizinischen Bewegungsanalyse, und Ver-



Ausschnitt aus Kleinbildfilm,  
gescannt mit 12  $\mu\text{m}$



entsprechender Ausschnitt  
aus Videobild

Videobild rückvergrößert

Abb. 1: Auflösung von Videobildern

kehrüberwachung. Dabei handelt es sich meist um die Beobachtung bewegter Objekte mit einer (oder mehreren) fest positionierten Kameras.

In den genannten Bereichen geht es oft nur um qualitative Aussagen und allenfalls um grobe quantitative Abschätzungen („Ist ein Hindernis vorhanden?“, „Verläuft die Bewegung in der vorgesehenen Richtung?“, „Bewegt das Objekt sich langsam oder schnell?“).

### 3. Theoretische Grundlagen

Die Veränderung des Bildinhalts von einem Bild zum nächsten (als Projektion der Bewegung der abgebildeten Objekte im Raum) wird oft als „optischer Fluss“ (optical flow) bezeichnet.

Diesen optischen Fluss kann man durch ein über den ganzen Bildbereich ausgedehntes Feld von Differenzvektoren im Bildkoordinatensystem

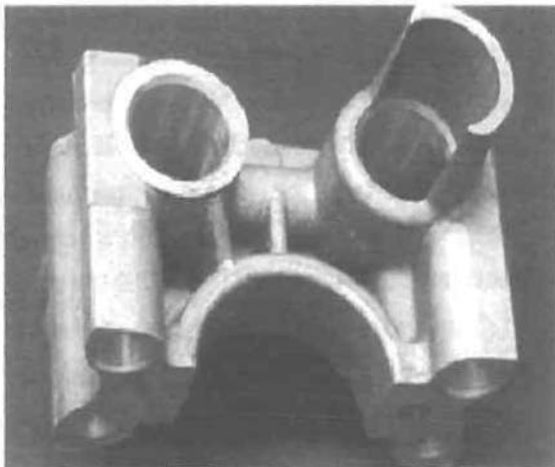
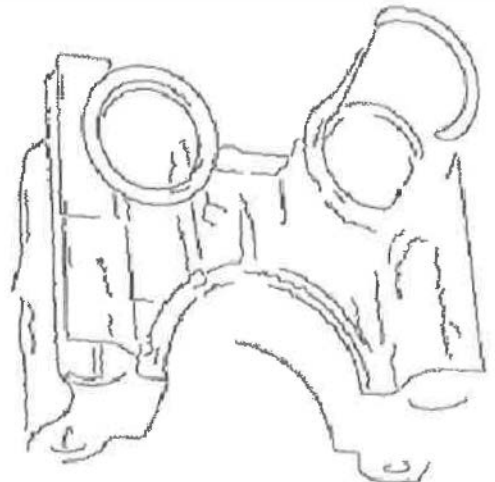


Abb.2: Industriephotogrammetrie mit Videobildern (aus [9])



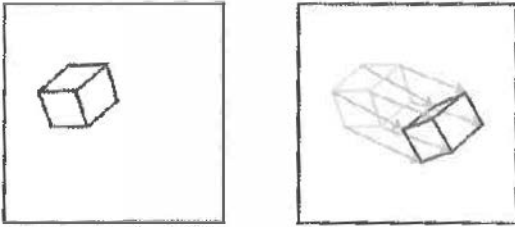


Abb.3: Schematische Darstellung des optischen Flusses

beschreiben, wobei jeder Vektor von einem Bildpunkt zum homologen Bildpunkt im folgenden Bild verläuft.

Die Richtung und die Länge der Vektoren des optischen Flusses liefern die „Fließrichtung“ und die „Fließgeschwindigkeit“, der Bildpunkte, das sind die Projektionen von Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit der entsprechenden Objektpunkte.

Das Vektorfeld kann punktweise mit Hilfe von Punktmatching-Verfahren bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass Bildpunkte im Zuge der Objektbewegung aus dem Bildbereich verschwinden können, oder aber innerhalb des Bildbereichs von anderen Objektteilen verdeckt werden können. Umgekehrt können auch anfangs nicht sichtbare Objektpunkte während der Aufnahme zum Vorschein kommen.

Daneben gibt es auch die sogenannte gradientenbasierte Technik. Dabei geht man davon aus, dass die Beleuchtung des Objekts und seine Reflexionseigenschaften unverändert bleiben, so dass homologe Bildstellen gleiche Werte der Strahlungsintensität aufweisen. Aus der Veränderung der Grauwerte (= Intensitätswerte) kann daher die Fließgeschwindigkeit rekonstruiert werden. Die zugehörige Bedingungsgleichung heißt brightness change constraint equation (BCCCE). Zur Bestimmung der beiden Geschwindigkeitskomponenten in der Bildebene sind jedoch mindestens zwei (in der Praxis mehrere) unabhängige Bedingungsgleichungen notwendig, daher muss an Stelle des Einzelpunktes ein Bildbereich betrachtet werden. Das Verfahren liefert nicht die Bewegung eines Bildpunktes sondern das „mittlere Fließverhalten“ eines Bildbereiches.

Für beide angesprochenen Verfahren gilt, dass die Bestimmung der räumlichen Bewegung des Objekts aus dem optischen Fluss im allgemeinen nicht eindeutig möglich ist, wenn nicht zusätzliche Information für die Modellierung verfügbar ist. Solche Information ist jedoch bei vielen Anwendungen vorhanden. Ein besonders häufiger

Fall ist die Rekonstruktion starrer und geometrisch einfacher Objekte.

Weiters gilt allgemein für die Videogrammetrie, dass die Auswertung der Bildfolgen mit zunehmender Geschwindigkeit des Objekts und der Kamera schwieriger und ungenauer wird, da die angesprochenen Veränderungen des Bildinhalts zwischen aufeinanderfolgenden Bildern mit zunehmender Relativgeschwindigkeit zwischen Objekt und Kamera größer werden. Auch mit zunehmender Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse wird die Auswertung ungenauer.

#### 4. Anwendung auf statische Objekte

Durch hinreichende Spezialisierung der Aufnahmesituation lassen sich mit Hilfe der Videogrammetrie auch quantitative vermessungstechnische Aufgaben lösen. Ein besonders vielversprechender Anwendungsbereich der Videogrammetrie ist die Rekonstruktion von unbewegten, starren Objekten, insbesondere Gebäuden, aus Bildern mit bewegter Kamera. Dabei treten – bei sachgemäßer Durchführung der Aufnahme – weder übertrieben schnelle Bewegungen noch abrupte Veränderungen der Beleuchtungsverhältnisse auf.

In diesem speziellen Fall ist die Auswertung besonders einfach: die einzelnen Bilder der Videoaufnahme sind dann Aufnahmen von verschiedenen Aufnahmestandpunkten und können genauso behandelt werden wie die Bilder eines konventionellen Bündelblocks.

#### 5. Vorteile und Möglichkeiten des Verfahrens

Handelsübliche digitale Videokameras sind ein billiges Aufnahmesystem. Die Bilder können auf Videoband oder Video-CD einfach archiviert werden. Weiters kann der Messfilm vor Ort am Sucherdisplay kontrolliert werden. Eventuelle Fehler können sofort behoben werden, was Zeit erspart.

Besonders vielversprechend ist der Einsatz von Videobildfolgen für die Automatisierung des Messprozesses, wie sie derzeit in der gesamten Photogrammetrie angestrebt wird. Bisher gelingt die Bildmessung durch Korrelation (matching) nur bei schematischen Aufnahmeanordnungen gut, wie sie üblicherweise in der Luftbildmessung vorkommen. Dagegen ist es in der Nahbereichsphotogrammetrie schwierig, korrespondierende Punkte zu finden, da durch die unsystematische Anordnung der Aufnahmen die Bildmatrizen der Punkte zu verschieden sind.

Durch Verwendung von Videobildfolgen könnte hier eine Lösung gefunden werden: Zu einem Bildpunkt kann sehr einfach der korrespondierende Punkt im nächsten (allgemein in einem nicht sehr weit entfernten) Bild gefunden werden, da sich seine Bildmatrix und seine Position im Bild nur wenig verändert haben. Ist der Punkt gefunden, können die neue Bildmatrix und die neue Position übernommen und das Verfahren für die folgenden Bilder fortgesetzt werden. So kann man den Punkt bis zu einem beliebigen Bild verfolgen oder zuverlässig herausfinden, dass er den Bildbereich verlassen hat. Eine Bündelblockausgleichung könnte dann entweder mit allen Bildern durchgeführt werden, was jedoch sehr rechenaufwendig ist, oder nur bestimmte Bilder als „Messbilder“ verwenden, während die anderen nur der Punktverfolgung dienen.

und eventuell abgeändert werden, da die Verzerrung aufgrund der schlechten optischen Qualität sehr groß sein kann.

Für die Verwendung von Videokameras gelten ähnliche Regeln wie für die photographische Aufnahme: so sollten Autofocus, Zoom und Bildstabilisierung nicht verwendet werden. Dadurch wird die Auswertung von Archivmaterial erschwert.

Die große Menge von Bildern erfordert große Rechenkapazitäten. Abhilfe können Online-Kompressionstechniken schaffen. Besonders leistungsfähig sind Techniken, die auf der frühzeitigen Reduktion auf Binärbilder basieren. Diese sind jedoch hauptsächlich in der Industriephotogrammetrie von Nutzen, wo die Ausleuchtung der Objekte praktisch frei gewählt werden kann,

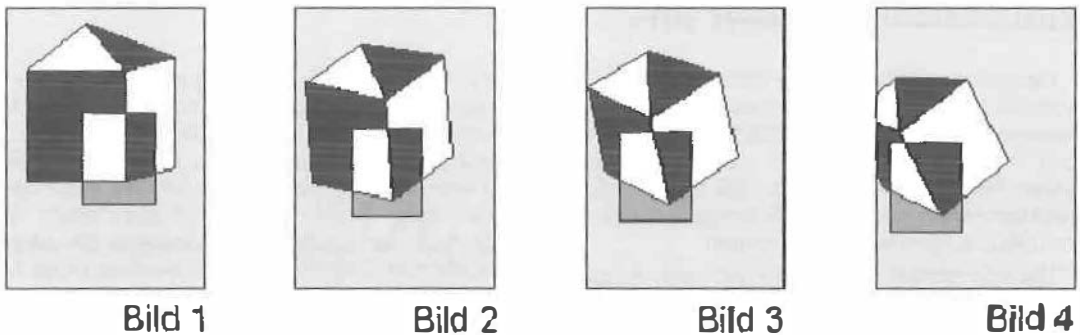


Abb. 4: Automatische Punktverfolgung in Videobildfolgen

Eine Verfeinerung dieses Verfahrens sucht nicht nach korrespondierenden Bildpunkten, sondern nach Punkten auf korrespondierenden Linien. Hierfür gibt es elegante und robuste Algorithmen (edge-detection). Dieses Verfahren kommt der Architekturbildmessung besonders entgegen, da die Objekte viele lineare Kanten haben. Es ist also auch ohne Stereoskopie gewissermaßen eine linienhafte Auswertung möglich.

Die große Anzahl an Aufnahmen reduziert außerdem die sichttoten Räume und erleichtert die immer wichtiger werdende teilautomatisierte Erzeugung photorealistischer Modelle.

## 6. Probleme und Grenzen des Verfahrens

Videokameras haben eine niedrige Auflösung. Ein direkter Vergleich ergab jedoch Genauigkeiten, die denen der Auswertung von analogen Fotografien entsprechen.

Für die innere Orientierung von Videokameras müssen die bekannten Algorithmen überprüft

und wo oft nur die Rekonstruktion eines Draht- oder Flächenmodells gefordert ist. In der Architekturphotogrammetrie hingegen kann man normalerweise nicht auf das Halbtonbild für die Interpretation sowie die spätere Herstellung von Orthophotos oder Photomodellen verzichten.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Die messtechnische Auswertung von Videofilmen wurde bisher weitgehend nicht im Vermessungswesen, sondern in anderen technischen Disziplinen wie der Robotik und der Prozessüberwachung und -steuerung zur Gewinnung qualitativer oder nur grob quantitativer Aussagen angewendet. Im Zuge der Automatisierungsbestrebungen in der Photogrammetrie wird die Möglichkeit, dichte Bildfolgen einfach aufzuzeichnen, auch für die Nahbereichsphotogrammetrie interessant.

Dazu müssen die Verfahren für die relevanten Spezialfälle soweit verfeinert werden, dass Vi-

deobilder mit geodätischer Genauigkeit ausgewertet werden können. Die Videogrammetrie ist noch in der Entwicklungsphase, erfolgreiche Tests lassen jedoch auf weitere Forschungsaktivitäten und Anwendungen in naher Zukunft hoffen. Am utopischen Ende dieser Entwicklung stehen die Videovermessung terrestrischer Objekte und die Visualisierung als Photomodell in Echtzeit.

- [3] *Heikkinen, Jussi*: Object Reconstruction from Images of a Moving Camera
- [4] *Patias, Petros*: Contribution of Videogrammetry to the Architectural Restitution Results of the CIPA „Otto Wagner Pavillon“ Test
- [5] *Patias, Petros*: The CIPA Initiative „Test Karlsplatz Vienne“
- [6] *Melan, Trond et al.*: Modelling and Calibration of Video Cameras
- [7] IAPRS Volume XXIX, Band 5:
- [8] *Walchhäusl Peter*: Defining the Future of Architectural Photogrammetry
- [9] *Kraus Karl*: Photogrammetrie, Band 1, 5. Auflage

#### Literatur

- [1] IAPRS Volume XXXI, Band 5:
- [2] *Hanke Klaus*: A General Approach for Object Oriented 3D-Mapping in Digital Close Range Restitution

#### Anschrift der Autoren:

Gerald Fuxjäger, Konrad Schindler: ARGE Digitalplan ZT GmbH, Muenzgrabenstr. 4/I, A-8010 Graz

## Podiumsdiskussionen

### Zukunftsforum Kataster 2014

Gewaltige technische Fortschritte, gesellschaftlicher Wandel, die Globalisierung und die wachsende Verwebung von Geschäftsbeziehungen mit all ihren rechtlichen und umwelttechnischen Folgen haben bewirkt, daß herkömmliche Katastersysteme sich nicht uneingeschränkt diesen Neuerungen anpassen können.

Die Kommission 7 (Kataster und Landmanagement) der FIG richtete deshalb im Jahre 1994 eine Arbeitsgruppe ein, die sich mit der Zukunftsentwicklung eines in 20 Jahren (daher „Kataster 2014“) nutzbaren modernen Katastersystems beschäftigte.

Zwei Elemente wurden dabei besonders eingehend betrachtet: die laufende Automatisierung des Katasters und die zunehmende Bedeutung des Katasterwesens im Rahmen eines umfassenden Land-Informationssystems.

Auf der Grundlage von Trendanalysen erstellte die Arbeitsgruppe ihre Vision davon, wie das Katastersystem 2014 aussehen könnte, von den eventuell eintretenden Änderungen, den Mitteln, mit denen diese Änderungen erzielt werden können und der zur Umsetzung dieser Änderungen einzusetzenden Technik.

Die ersten Ergebnisse der Arbeitsgruppe wurden im Jahre 1996 veröffentlicht und sorgten aufgrund visionärer Gedanken zu heftigen Diskussionen – viele der Prognosen sind jedoch bereits heute, 14 Jahre vor Ablauf des Beurteilungszeitraumes – eingetreten und werden als selbstverständlich angesehen.

Das Zukunftsforum bietet Gelegenheit, sich über Entwicklungstendenzen im Kataster auf technischem und wirtschaftlichem Sektor aus

Sicht einer internationalen Organisation zu informieren und Meinungen mit maßgeblichen Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Kataster 2014“ zu diskutieren. Erfahrungswerte und Meinungen aus vier Ländern bieten einen Vergleich zur gegenwärtigen Situation des Katasterwesens in Österreich und geben einen Einblick in die unterschiedlichen Systeme und Problemlösungen in anderen europäischen Ländern.

Für die Mitglieder der FIG-Arbeitsgruppe ist die Diskussion über Ergebnisse ihrer Arbeit mit unmittelbar Betroffenen von großem Interesse für die weiteren Aktivitäten.

#### Der Weg zu Kataster 2014

*Daniel Steudler*

Mit der Bildung einer Arbeitsgruppe im Jahre 1994 hat die Kommission 7 der FIG die Aufgabe formuliert, Trends der existierenden Katastersysteme zu erfassen und Visionen für ein zukünftiges System zu entwickeln. Der Zeithorizont war 20 Jahre, wodurch der Arbeitstitel ‚Cadastre 2014‘ entstanden ist. Die Resultate sind das Produkt von vier einwöchigen Jahres-Meetings und insgesamt vier Jahren Arbeit. An den Arbeiten haben sich insgesamt 40 Arbeitsgruppen-Mitglieder aus 26 Ländern beteiligt. Die Arbeitsgruppe hat eine Umfrage für die Trend-Analyse (32 Antworten) durchgeführt, wie auch eine zweite weitergehende Umfrage über den ‚Kostendeckungsgrad und Privatisierungsaspekte‘ (51 Antworten). Diese zweite Umfrage hat auch zur Publikation eines Artikels über das ‚Benchmarking von Katastersystemen‘ geführt.