

# Image Mosaicing in der medizinischen Endoskopie

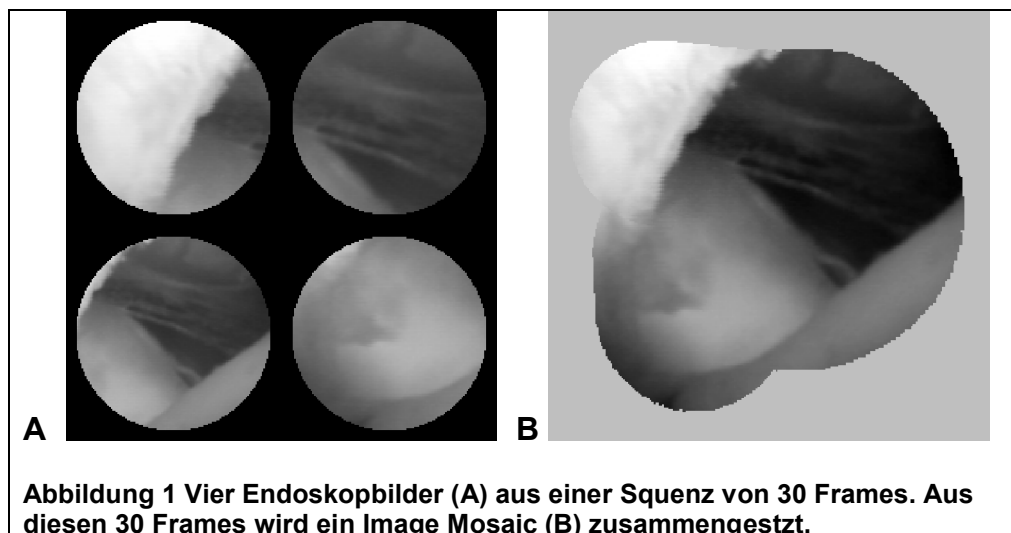
## FH-Technik erleichtert dem Operateur den Blick ins Körperinnere

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
[wolfgang.konen@fh-koeln.de](mailto:wolfgang.konen@fh-koeln.de), Tel. 02261/8196-275

M.Sc. Dipl.-Inf. Beate Breiderhoff  
B.Sc. Martin Naderi

### Zielsetzung

In der Endoskopie, besonders der Neuroendoskopie, sieht der Operateur durch das Endoskop nur einen begrenzten Ausschnitt des Operationsfeldes ("Scheuklappeneffekt"). Die neu entwickelte Technik hilft den Neurochirurgen, bei der Operation den Überblick zu behalten: Ziel des Projektes ist es, ein automatisiertes Image Mosaic (Abbildung 1) aus dem Live-Videostream zu erstellen, das dem Operateur eine bessere Übersicht verschafft. Dieses Ziel ist anspruchsvoll, besonders wenn man den Weg ganz bis zum Ende denkt: Das Fernziel ist eine Applikation, die in Echtzeit und interventionsfrei im klinischen Operationssaal läuft.



**Abbildung 1 Vier Endoskopbilder (A) aus einer Sequenz von 30 Frames. Aus diesen 30 Frames wird ein Image Mosaic (B) zusammengesetzt.**

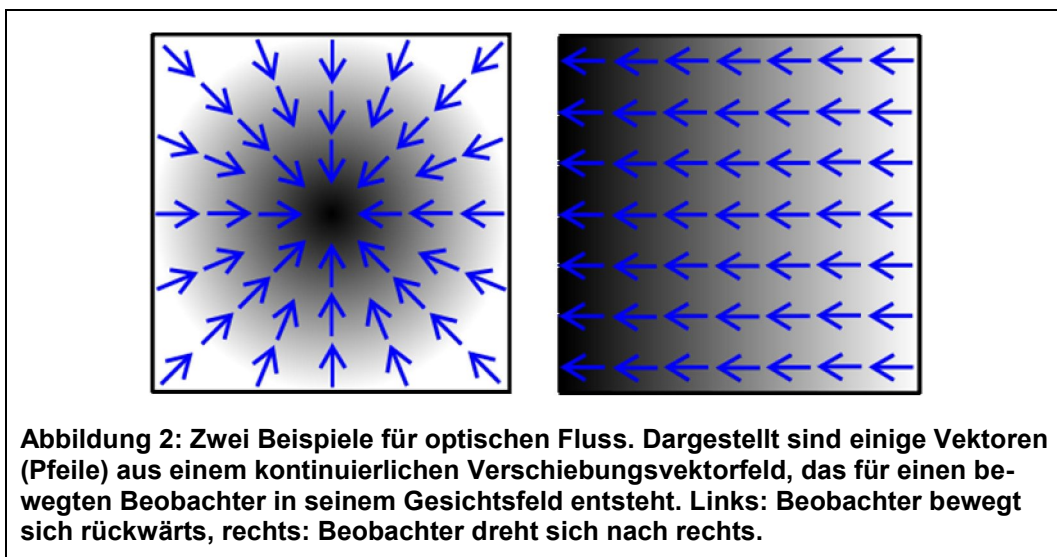
Neben den medizinisch-ergonomischen Aspekten liegen die technischen Herausforderungen darin, dass das Mosaicing-Verfahren nahezu in Echtzeit arbeiten muss ( $> 8$  fps, frames per second), damit die Bildgebung mit den Endoskopbewegungen des Operateurs mithalten kann, und dass es dabei robust die Einzelbilder zusammensetzt, auch wenn diese wenig innere Struktur oder störende Beleuchtungsartefakte aufweisen, wie das bei neuroendoskopischen Bildern oft der Fall ist.

### Optischer Fluss ist das bevorzugte Verfahren

Im Berichtszeitraum 2006 wurden erste wichtige Schritte auf dem skizzierten Projektweg getan: In der Masterarbeit von M.Sc. Dipl.-Inf. Beate Breiderhoff und parallelen Forschungsarbeiten haben wir verschiedene Mosaicing-Verfahren auf ihre Eignung für den Anwendungsfall überprüft. Man unterscheidet zwischen merkmals- und intensitätsbasierten Verfahren. Da sich hier Merkmale oftmals aufgrund der kontrastarmen endoskopischen Bilder nicht genau genug lokalisieren lassen, stellen intensitätsbasierte Verfahren die bessere Variante dar.

Viele Mosaicing-Verfahren arbeiten semi-manuell, um eine hohe Qualität zu erreichen, d.h. der Anwender muss einzelne Punkte anklicken, um dem Algorithmus einen geeigneten Startpunkt zu geben. In unserer Anwendung scheidet dies aus, da der Operateur keinesfalls während der OP die Möglichkeit oder Zeit für diese Interaktion hat. Eine weitere wichtige Anforderung ist also, dass das Verfahren vollautomatisch arbeitet, und damit ist ein Großteil der bekannten Mosaicing-Verfahren hier nicht applikabel.

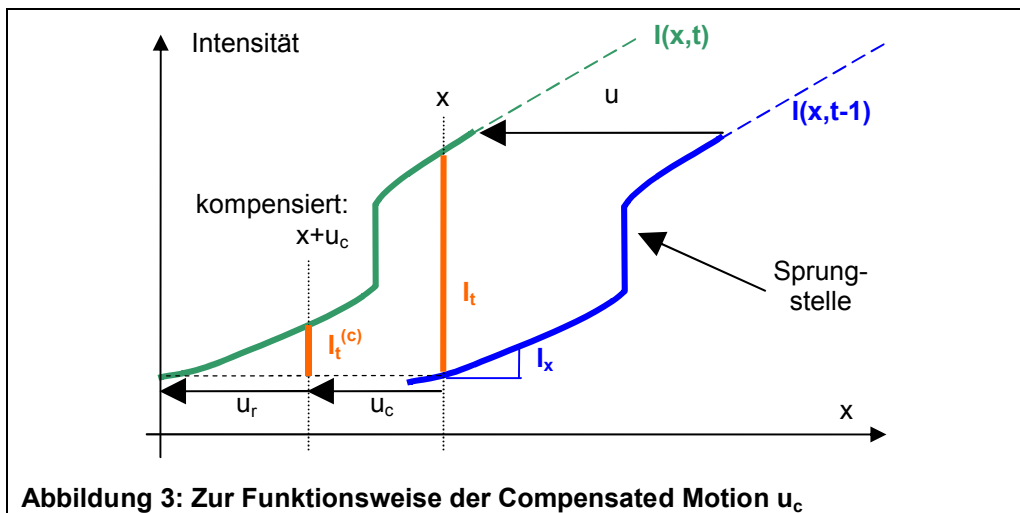
Es gibt jedoch einige Verfahren [1][2], die vollautomatisch und ohne Startvorgabe arbeiten. Für uns hat sich das auf dem optischen Fluss basierende Verfahren von Kouroggi et al. [1] als besonders geeignet erwiesen und wir haben es für unser Projekt angepasst und weiterentwickelt. Der optische Fluss ist die scheinbare Bewegung im Gesichtsfeld, die sich ergibt, wenn sich der Beobachter / die Kamera bewegt (Abbildung 2).



Mathematisch gehorcht der optische Fluss für Bildintensität  $I(x,y,t)$  der Gleichung

$$(1) \quad I_x u + I_y v + I_t \Delta t = 0$$

Hierin ist  $(u,v)$  der Verschiebungsvektor eines Weltpunktes im Gesichtsfeld. Leider gilt die Gleichung nur für Bildintensitäten  $I(x,y,t)$  ohne Sprungstellen, welche jedoch in realen Bildern häufig auftreten. Wir haben deshalb entlang der Ideen von Kouroggi et al. [1] ein iteratives Verfahren implementiert und auf endoskopische Masken erweitert, das auch mit Sprungstellen umgehen kann. Die Idee zeigt Abbildung 3: An der Stelle  $x$  wird die Verschiebung aus

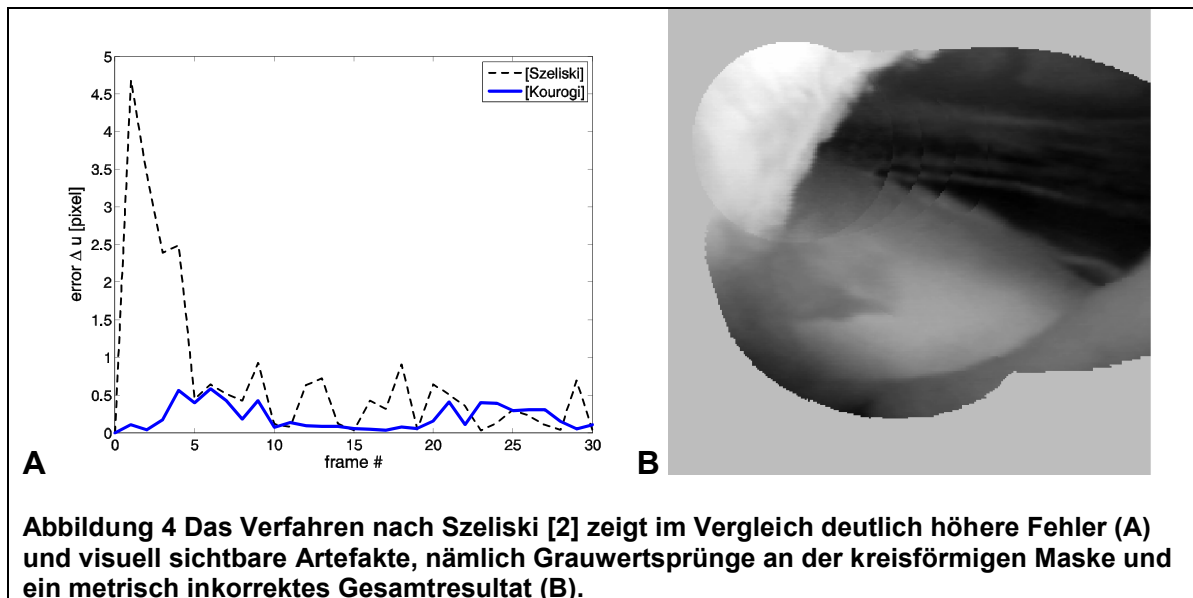


den partiellen Ableitungen  $I_t$  und  $I_x$  nicht korrekt zu schätzen sein. Haben wir aber einen ungefähren Schätzwert  $u_c$  (Compensated Motion) für die Verschiebung (z.B. aus einem vorherigen Frame  $I(x,t-2)$  oder aus Umgebungswerten), so kann die restliche Verschiebung  $u_r$  von der Stelle  $x+u_c$  aus gut geschätzt werden.

Das iterative Verfahren, welches genauer in [3][4] beschrieben ist, liefert sehr robuste und präzise Ergebnisse auf realem Bildmaterial. Ein Beispiel zeigt die nachfolgende Tabelle:

		wahre Verschiebung		Compensated Motion		
		u	v	$u_c$	$v_c$	% accept
iter	1	-10.5	7.6	$-1.5 \pm 10.0$	$2.2 \pm 12.3$	14%
	2	-10.5	7.6	$-3.1 \pm 8.6$	$3.8 \pm 10.3$	16%
	5	-10.5	7.6	$-7.4 \pm 5.3$	$7.0 \pm 6.8$	23%
	10	-10.5	7.6	$-10.47 \pm 1.2$	$7.61 \pm 1.27$	55%

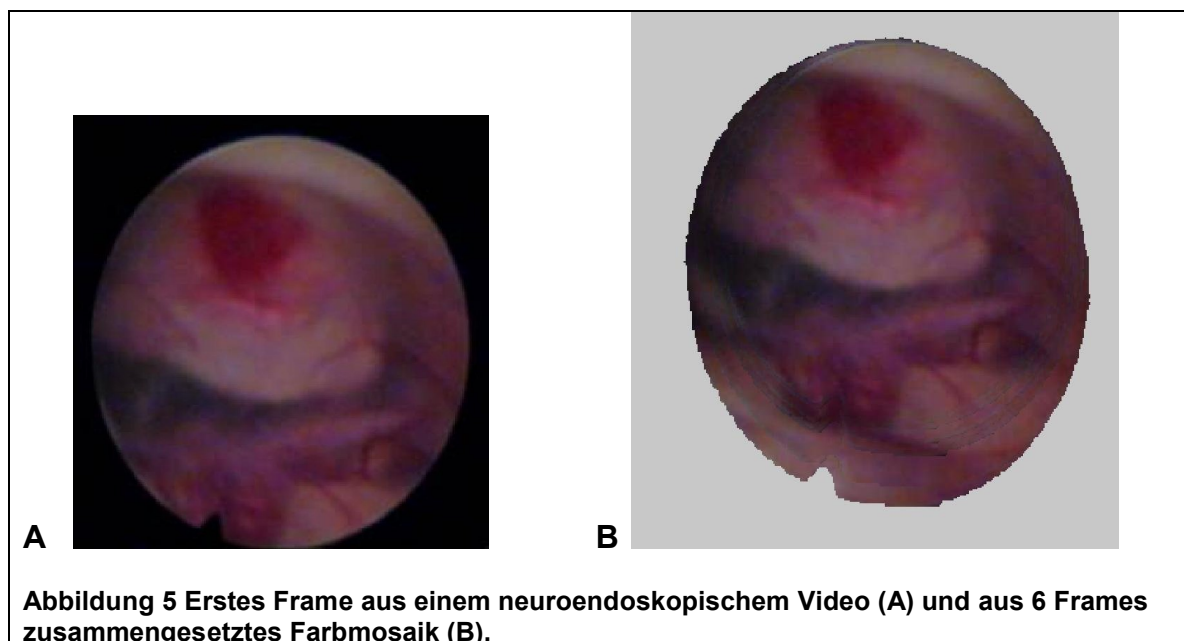
Die Compensated Motion erreicht nach wenigen Iterationen den wahren Wert (u,v) bis auf Subpixelgenauigkeit. Die Anzahl der für die Berechnung akzeptierten Pixel steigt auf 55%. Die erste Realisierung in Matlab benötigte noch 2 sec pro Frame und erzielte ein Ergebnis (Abbildung 1), das visuell frei von Artefakten ist. Dass dies nicht selbstverständlich ist zeigt der Vergleich mit einem anderen Verfahren in Abbildung 4.



## Echtzeitfähig und farbig unter Java

Ein weiterer Schritt konnte in der zweiten Jahreshälfte 2006 unternommen werden. Da das Verfahren später einmal in Echtzeit laufen muss, untersuchten wir, wie schnell die Algorithmen unter Java gemacht werden können. In seiner Bachelorarbeit konnte M. Naderi [6] das Verfahren von ursprünglich knapp 2 fps auf 35 fps steigern. Damit ist das System echtzeitfähig.

Weiterhin wurde ein Framework mit der Möglichkeit, auch Farbbilder zu einem Mosaic zusammenzufügen, entwickelt (Abbildung 5). Für die das Projekt begleitenden Neurochirurgen zeigen diese Ergebnisse bereits viel Potential, wie Dr. Martin Scholz, geschäftsführender Oberarzt an der Neurochirurgischen Klinik der Ruhr-Universität Bochum, feststellt: "Das Farbbild ist doch sehr beeindruckend und gibt im Vergleich zum Grauwertbild der ersten Version deutlich mehr Informationen, die bei der Orientierung helfen können. Dies gilt insbesondere bei der Navigation durch krankheitsbedingt veränderte Anatomie, bei der man quasi immer nach Landmarken (d.h. bekannten Körper-Strukturen) Ausschau hält, um sich zu orientieren."



Das Projekt wurde in 2007 auf verschiedenen internationalen Konferenzen (BVM [3], CARS [4]) präsentiert und stieß dort auf reges Interesse.

Auch wenn das Verfahren positiv dahingehend überrascht, wie gut es mit strukturschwachen Endoskopbildern zurechtkommt, so sind doch noch weitere Schritte zu gehen, damit das Verfahren robust mit Bilddaten und Endoskopbewegungen aller Art arbeitet, Beleuchtungsänderungen toleriert, Videoschnitte erkennt und alle ergonomischen Anforderungen erfüllt, die für einen reibungslosen Betrieb im Operationsschritt erforderlich sind. Das Projekt wird in Kooperation mit der Neurochirurgischen Klinik der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt.

Danksagung: Für zahlreiche sehr hilfreiche Diskussionen danken wir Priv. Doz. Dr. Martin Scholz und unserem Kollegen Prof. Dr. Erich Ehses.

Für nähere Informationen zum Forschungsprojekt wenden Sie sich bitte an Herrn Prof. Dr. Wolfgang Konen ([wolfgang.konen@fh-koeln.de](mailto:wolfgang.konen@fh-koeln.de)), FH Köln/Campus Gummersbach, F10, Tel. 02261 / 8196-275.

Unter [www.gm.fh-koeln.de/~konen/Diplom+Projekte/FProjekt-BV-3D-Endo.htm](http://www.gm.fh-koeln.de/~konen/Diplom+Projekte/FProjekt-BV-3D-Endo.htm) finden sich weitere Informationen, auch kurze Videos, die die Neuroendoskopie und den Echtzeiteindruck bei der Mosaikerstellung demonstrieren.

## Literatur

- [1] Kourogi M, Kurata T, Hoshino J, et al.: *Real-time image mosaicing from a video sequence*. Procs ICIP99, vol. 4, 133-137, 1999.
- [2] Szeliski R: *Image Mosaicing for Tele-Reality Applications*. TR 94/2, Digital Equipment Corporation, Cambridge Research Lab, June 1994.
- [3] W. Konen, B. Breiderhoff, M. Scholz: *Real-time image mosaic for endoscopic video sequences*, in: A. Horsch (ed.), *Bildverarbeitung für die Medizin (BVM2007)*, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [4] W. Konen, M. Naderi, M. Scholz, *Endoscopic image mosaics for real-time color video sequences*, in: H.U. Lemke (ed.), *Comp. Ass. Radiology and Surgery (CARS2007)*, Elsevier, Amsterdam, 2007.
- [5] B. Breiderhoff, W. Konen, M. Scholz, *Ein automatisiertes Verfahren zum Image-Mosaicing bei endoskopischen Videoaufnahmen*, Technical Report, Inst. for Informatics, FH Köln, 2007.
- [6] M. Naderi, *Implementierung eines Echtzeitverfahrens zur Erstellung von Bildmosaikern aus endoskopischen Videosequenzen*, Bachelorarbeit, FH Köln, 2007.