

**8. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
20.-21. März 2009 in Berlin**



**„Betrachtung der Fehlereinflüsse auf die
Abbildungseigenschaften eines C-Bogens“**

Marc Käseberg, Emanuel Jank, Erwin Keeve
Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), Berlin,
Deutschland
E-Mail: erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

Erwin Keeve
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Klinische Navigation und Robotik, Charité,
Berlin, Deutschland

Copyright: VDI Verlag GmbH
Band: Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 274 „Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin, 8. Workshop, Tagungsband“
Editors: Thomas Schauer, Henning Schmidt, Marc Kraft
ISBN: 978-3-18-327417-8
Pages: 33-34

Betrachtung der Fehlereinflüsse auf die Abbildungseigenschaften eines C-Bogens

Marc Käseberg¹, Emanuel Jank¹ und Erwin Keeve^{1,2}

¹Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), Berlin, Deutschland

²Charité - Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Klinische Navigation und Robotik, Berlin, Deutschland

Kontakt: erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

Einleitung

In diesem Artikel wird zusammenfassend aufgezeigt, wie die Abbildungseigenschaften eines C-Bogens durch externe Einflüsse verändert werden. Die genaue Kenntnis der Projektionseigenschaften ist Grundlage für die Nutzung der Projektionsbilder in Navigationssystemen und für die Rekonstruktion von 3D Bilddaten. In beiden Anwendungen müssen die Lage der einzelnen Projektionsbilder und die jeweilige Position der Röntgenquelle bekannt sein.

Während der Benutzung eines C-Bogens ändern sich diese Projektionseigenschaften. Dies muss bei einer weiterführenden Verwendung der Bilddaten berücksichtigt werden. Störende Einflüsse sind die geometrischen Bildverzerrungen [1, 2, 3], die schwerkraftbedingte Verformung [4, 5] sowie die Schwingungen der C-Struktur.

Methoden

Folgend werden die Einflüsse auf die Projektionseigenschaften vorgestellt und ihre Auswirkungen auf das Röntgenbild aufgezeigt. Für die Versuche wird ein C-Bogen vom Typ BV Libra 9" der Firma Philips verwendet. Am Bildverstärker wird ein Röntgenphantom angebracht. Das Röntgenphantom besteht aus einer Plexiglasplatte, in die rasterförmig in 1cm Abständen Stahlkugeln mit 1mm Durchmesser eingebracht wurden. Anhand von Röntgenaufnahmen des Phantoms wird die Beeinflussung der Projektionsgeometrie nachgewiesen.

Radiale Bildverzerrung

Während des Wandlungsprozesses in analogen Röntgenbildverstärkern treten radiale Verzerrungen auf, welche durch die Linsenoptik der Kamera und dem gekrümmten Eingangsschirm des Bildverstärkers entstehen. Das Resultat ist eine charakteristische kissenförmige Verzerrung, bei der sich gerade Linien gekrümmt abbilden (Abb. 1a).

Magnetische Bildverzerrung

Weitere Verzerrungen entstehen durch Magnetfelder (vordergründig das Erdmagnetfeld), die auf den Bildwandlungsprozess im Bildverstärker einwirken. In Abhängigkeit von der Ausrichtung des Bildverstärkers im Magnetfeld wird der Elektronenstrahl unterschiedlich abgelenkt. Wirkt das Magnetfeld senkrecht auf den Elektronenstrahl, wird der Bildinhalt verschoben. Parallel zum

Elektronenstrahl verlaufende Magnetfelder bewirken eine Rotation des Bildes. Durchlaufen senkrechte und parallele Magnetfeldanteile den Bildverstärker, wird eine spiralförmige Verzerrung des Projektionsbildes erzeugt.

Um den Effekt der magnetischen Verzerrung nachzuweisen, wird die Propellerachse in eine diagonale Stellung gebracht und der C-Bogen um die eigene Achse durch das Erdmagnetfeld rotiert. In regelmäßigen Abständen (45°) werden Röntgenaufnahmen getätigt. Abb. 1b zeigt eine Überlagerung dieser Röntgenbilder und die magnetisch bedingte Wanderung der Marker durch das Bild.

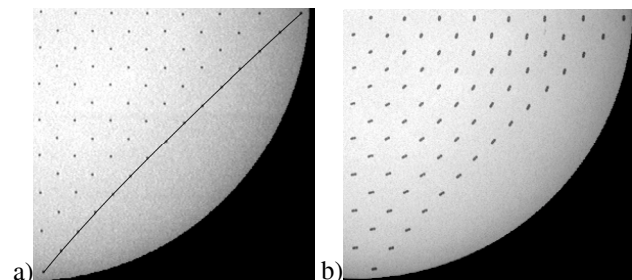


Abb. 1: a) Röntgenbildausschnitt mit Kissenverzerrung; b) Magnetisch bedingte Wanderung der Röntgenmarker während einer Drehung des C-Bogens.

Schwerkraftbedingte Verformung

Durch das hohe Eigengewicht des C-Bogens wirken auf die Struktur des C's Kräfte, die zu elastischen Verformungen führen. Diese Verformungen sind abhängig von der Stellung der C-Struktur. Sie führen zu Veränderungen der Lage der Röntgenquelle relativ zum Bildverstärker und somit zu einer veränderten Projektionsgeometrie.

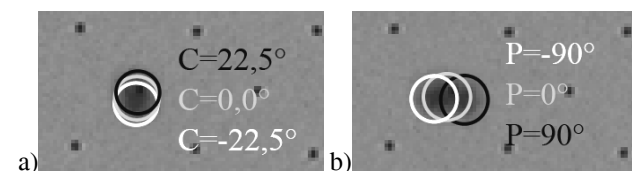


Abb. 2: Überlagerungsbilder während der Rotation um die a) C-Achse und b) Propellerachse; eingekreist sind jeweils die Nullgradstellung und maximal Markerauslenkung mit entsprechendem Winkel.

Die Verformung wird mit Hilfe eines zentral an der Röntgenquelle befestigten Stahlkugelhens (1mm Durchmesser) nachgewiesen. Auftretende geometrische Verzerrungen werden mit Hilfe des Punktrasters korrigiert. Die Bewegung des Projektionsschattens durch das Bild während einer C- bzw. Propellerrotation ermöglicht

Rückschlüsse auf die Veränderung der Lage der Röntgenquelle gegenüber der Bildebene. Die Überlagerung der Projektionsbilder während der stückweisen Rotation entlang der C-Achse und der Propellerachse ist in Abb. 2a bzw. 2b dargestellt.

Schwingung der C-Struktur

Zur Bildaufnahme wird der C-Bogen manuell auf die aufzunehmende Struktur ausgerichtet. Die dabei auf das C angewendete Kraft kann zu Schwingungen der C-Struktur führen. Eine Bewegung der C-Struktur während der Bildaufnahme führt aufgrund der Belichtungszeit zu einem unscharfen Projektionsbild.

Zum Nachweis der Bewegungsunschärfe während einer Schwingung der C-Struktur wird zu Beginn, während und nach der Schwingung ein Röntgenbild des Röntgenphantoms aufgenommen (Abb. 3), welches zwischen Bildverstärker und Röntgenquelle platziert wurde. Die Schwingung wird durch eine seitliche Auslenkung des C's mit einer Kraft von 50N erzeugt.

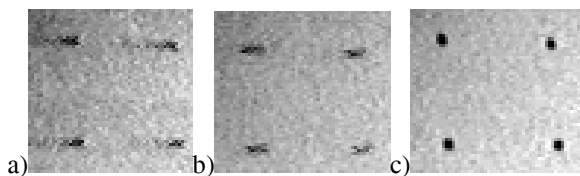


Abb. 3: Kontrastverstärkte Aufnahmen: a) Nach dem Auslösen, b) während und c) nach dem Ende der Schwingung.

Ergebnisse und Diskussion

Das Ergebnis der einzelnen Versuche dieser Betrachtung sind Röntgenbilder, die die Auswirkungen der untersuchten Einflüsse auf die Abbildungseigenschaften eines C-Bogens aufzeigen.

Die in Abb. 1a dargestellte radiale Bildverzerrung ist statisch und unabhängig von der Achsenstellung des C-Bogens. Sie lässt sich daher bestimmen und korrigieren.

Die S-förmige Ausprägung der magnetischen Bildverzerrung ist im Überlagerungsbild in Abb. 1b dargestellt. Die überlagerten Projektionsschatten haben eine länglich ovale Ausdehnung. Eine Rotation der Marker um das Bildzentrum ist zu erkennen, die mit dem Abstand vom Bildmittelpunkt ansteigt. Die Stärke und die Ausprägung der Spiralverzerrung sind abhängig von der Stellung der C-Struktur und der Ausrichtung des C-Bogens zum Erdmagnetfeld. Geeignete Verfahren zur Korrektur der geometrischen Bildverzerrungen sind in [6] bzw. [2] beschrieben. Jedoch ist der Einfluss von Magnetfeldern aufgrund der variablen magnetischen Störeinflüsse im klinischen Alltag nicht konstant. Zur Kalibrierung sind Verfahren beschrieben, die entweder mit hohem technischem Aufwand zuvor alle denkbaren Szenarien simulieren und kalibrieren [7], oder während der Nutzung des Systems mit Hilfe eines Röntgenphantoms alle benötigten Parameter zur Korrektur bestimmen [8].

Die Auswirkungen der schwerkraftbedingten Verformung während der Rotation um die C-Achse sind in Abb. 2a dargestellt. Vertikale Markerbewegungen sind im

Überlagerungsbild bis $C=\pm 22,5^\circ$ erkennbar. Bei einer C-Rotation zeigt eine vertikale Markerbewegung eine Aufweitung bzw. Stauchung der C-Struktur an. Bei der Rotation um die Propellerachse von -90° bis $+90^\circ$ ist eine kontinuierliche horizontale Bewegung des Projektionsschattens sichtbar (Abb. 2b). Dies weist auf ein „Durchhängen“ der C-Struktur hin, also einer seitlichen Verschiebung der Bildebene gegenüber der Röntgenquelle. Da die Richtung der Schwerkraft konstant ist, sind die schwerkraftbedingten Verformungen reproduzierbar. Geeignete Kalibrierverfahren werden in [5, 9] vorgestellt.

Die Auswirkung einer Schwingung der C-Struktur ist in Abb. 3 dargestellt. In Abb. 3a sind direkt nach Anregung der Schwingung starke Verzeichnungen in Schwingungsrichtung zu erkennen, die mit abnehmender Amplitude (Abb. 3b) geringer werden. Im ausgeschwungenem Zustand (Abb. 3c) bilden sich die Marker scharf ab.

Schlussfolgerungen

In diesem Artikel wurde der Einfluss von Schwerkraft, Magnetfeldern und Schwingungen auf die Projektionseigenschaften eines C-Bogens beschrieben. Es wurde gezeigt, wie diese Einflüsse den Bildinhalt verzerren bzw. die Projektionseigenschaften verändern. Für eine Verwertung der Bilddaten in Navigations- und 3D Bildgebungssystemen müssen diese Einflüsse berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] LIND, J., OSTERGAARD, R., LARSEN, O., NIELSEN, H.: *System for 3D Localization of Malformations in the Human Brain*, Tech Report, Aalborg, Dänemark, 1998
- [2] ZHANG, W. Q., DAL, K.R., WANG, C.T.: *Novel method for correction of x-ray fluoroscopic image*, Engineering on Medicine and Biolog 27th Annual Conference, Shanghai, China, 2005
- [3] SOLZBACH, U., WOLLSCHLÄGER, H., ZEIHNER, A. JUST, H.: *Optical distortion due to geomagnetism in quantitative angiography* Computers in Cardiology 1988. Pages:355-357
- [4] SCHKOMMODAU, E., SOLTAN, J., FUENTE, M., RADERMACHER, K.: *Genauigkeitsuntersuchung zur mechanischen Steifigkeit des C-Bogens bei Navigationsaufgaben*, Biomedizinische Technik, Band 47, Ergänzungsband 1, Teil 1 2002, S. 41-43
- [5] TITA, R., KOULECHOV, K., STOPP, S., LÜTH, T., UHLMANN, E.: *Intraoperative 3DRöntgenbildung auf Basis eines Standard C-Bogens*. Fortschrittberichte VDI Rh.2, VDI-Verlag 2004
- [6] GRONENSCHILD, E., ROSS, J., MULKENS, G.: *The accuracy and reproducibility of an algorithm to correct geometric image distortion in quantitative coronary angiography*. Computers in Cardiology, Indianapolis, USA, 1996
- [7] PHILIPS, EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT: *Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung von und zur Bilderzeugung mit einer magnetempfindlichen Röntgenaufnahmeeinrichtung*. EP 1 313 064 81, Priorität: 16.11.2001
- [8] PHILIPS, EUROP. PATENTSCHRIFT: *Röntgenuntersuchungseinrichtung und Verfahren zur Erzeugung von verzerrungsfreien Röntgenbildern*. EP 1 052 936 81, Priorität: 08.12.1998.
- [9] GORGES, S., KERRIEN, E., BERGER, M., PESCATORE, J., TROUSSET Y.: *3D Augmented Fluoroscopy in Interventional Neuroradiology: Precision Assessment and First Evaluation on Clinical Cases*, MICCAI'06, Kopenhagen, 10/2006