Computerassistierte Radiologie (CAR) in der Mammographie

Johann Drexl, Achim Gössler, Peter Heinlein*, Wilfried Schneider

IMAGETOOL Digitale Bildverarbeitung GmbH
Hanns-Braun-Straße 50, 85375 Neufahrn bei München
* Zentrum Mathematik, Technische Universität München, 80333 München
Email: info@imagetool.de

Zusammenfassung Die Treffsicherheit bei der Beurteilung pathologischer Zustände an Hand radiologischer Bilder ist von apparativen Einflußgrößen und subjektiven Wahrnehmungen geprägt. In der vorliegenden Arbeit stellen wir eine die Befundung objektivierende Methode vor, mit deren Hilfe computerassistiert speziell mikrokalkförmige Strukturen in Mammographien hervorgehoben werden können. Die Überprüfung der Methode an über 100 in einem DICOM-Archiv des IT-ASSIST gespeicherten Bildern mit gesicherten Befunden zeigt, dass sie unterstützend beim Auffinden von Mikrokalk im Rahmen der Mammographie vorteilhaft einsetzbar ist.

Schlüsselwörter: Mammographie, Radiologie, Mikrokalkdetektion

1 Aufgabenstellung

Mit dem IT-ASSIST-System (Imagetool GmbH) in einem radiologischen Kommunikationsverbund erfaßte und in einer DICOM-Datenbank hinterlegte Mammographien sollen im Rahmen eines Screeningprogramms befundet werden. Dafür sind zum Zwecke der Befundunterstützung insbesondere Mikrokalzifikationen mit hoher Treffsicherheit zu detektieren. Für diese Aufgabe wurde ein modellbasiertes Verfahren entwickelt.

2 Methodik

In einem erforderlichen Vorverarbeitungsschritt sind aufnahmebedingte Apparatefehler, zumeist hochfrequentes Rauschen, aus dem Signal zu entfernen und zur Hervorhebung der Mikroverkalkung der lokale Kontrast zu verstärken. Die für Mikroverkalkungen charakteristischen Strukturen mit hochfrequenten Anteilen, die dem Rauschen sehr ähnlich sind, müssen bei der Rauschunterdrückung erhalten bleiben (*kantenerhaltende Rauschunterdrückung*). Bei der Kontrastverstärkung dürfen nur die Verkalkungen - nicht aber das Rauschen verstärkt werden. Da lineare Filter zur Lösung dieser Aufgabe nicht geeignet sind, wurde eine Filterbank aus nichtlinearen Filtern gewählt, die wir mit Hilfe der Wavelet-Transformation konstruiert haben. Damit können beide Probleme mit dem gleichen Formalismus gelöst werden.

Mikrokalk wird als ellipsoide Struktur mit Durchmessern von ca. 0.05 mm bis 1 mm modelliert [1]. Die Projektion eines Ellipsoids in die Ebene ergibt ein Halbellipsoid MC_{Proj}, welches in der Abbildung durch die Unschärfe der Röntgenquelle verschmiert ist. Das Abbildungsverhalten wird durch Faltung mit der charakteristischen Funktion χ_U der Abbildungsunschärfe modelliert, d.h $MC_{Bild} = MC_{Proj} * \chi_U$. Die Abbildungsunschärfe lässt sich aus Brennfleckdurchmesser und Vergrößerung ermitteln. Ziel ist nun, derartig modellierte mikrokalkförmige Strukturen im Bild zu detektieren und für den Radiologen lesbar sichtbar zu machen.

Dabei wird von einem digitalen Bild ausgegangen, in dem Mikrokalk dem Gewebe additiv überlagert ist. Bei einem digitalen Röntgendetektor, der Werte proportional zur Intensität der Röntgenstrahlung generiert, kann dies durch Logarithmieren des Intensitätsbildes erreicht werden. Bei der Digitalisierung einer Film-Röntgenaufnahme müssen die Kennlinien des Filmmaterials und des Scanners bestimmt und durch eine Punktoperation korrigiert werden.

Der Algorithmus besteht aus einer Multiskalen-Zerlegung der Daten f in integrierte Wavelet-Koeffizienten $WT_\psi f(g) := \langle f, \psi_g \rangle$. Dabei wird die Diskretisierung des Skalenbereiches flexibel an die Größe des Mikrokalks angepasst [2].

Ein Rauschfilter R wird durch Annahmen über die Gestalt des Rauschens konstruiert. Wir verwenden eine angepasste Version des *soft-thresholding* [3].

Der folgende Operator K zur lokalen Konstrastverstärkung hängt sowohl von dem gewählten Wavelet-Frame, als auch von der hervor zu hebenden Struktur ab. Wir verwenden eine speziell auf das Hervorheben mikrokalkförmiger Strukturen zugeschnittene Operation auf den Wavelet-Koeffizienten [4].

Eine abschließende, schnelle Wavelet-Rekonstruktion WT^{-1} erlaubt die Berechnung verschiedener Enhancement-Operationen in Echtzeit. So kann der Radiologe interaktiv verschiedene Strukturen in der Mammographie hervorheben.

$$
\begin{tikzcd}
\text{Digitales Bild} \arrow[r, "M"] \arrow[d, "WT"'] & \text{mikrokalkverstärktes Bild} \\
\text{Wavelet-Koeffizienten} \arrow[r, "K \circ R"] & \text{modifizierte Wavelet-Koeffizienten} \arrow[u, "WT^{-1}"']
\end{tikzcd}
$$

Die Komposition der Abbildungen ergibt die Operation $M := WT^{-1} \circ K \circ R \circ WT$ auf dem digitalen Bild, welche als angepasster Filter für mikrokalkförmige Strukturen interpretiert werden kann.

3 Ergebnisse

Es wurden verschiedene Operatoren zur Kontrastverstärkung erprobt und auf die Mikrokalk-Detektion angewendet. Die Beurteilung der Ergebnisse erfolgt in

Gegenüberstellung mit gesicherten Befunden aus einem Bildbestand von mehr als 100 Mammographien, die aus dem DICOM-Archiv des IT-ASSIST [5] abgerufen werden können. Die Überprüfung der Methode an gespeicherten Bildern mit gesicherten Befunden zeigt, dass sie unterstützend beim Auffinden von Mikrokalk im Rahmen der Mammographie vorteilhaft einsetzbar ist.

4 Diskussion

Die entwickelten Algorithmen und die Methodik wurden in das Telematik-System IT-ASSIST integriert und können für klinischen Studien verwendet werden. Das Ziel der Entwicklungsarbeiten besteht jedoch letztlich darin, ein System für routinemäßige Anwendungen bei Screening-Programmen für die Mammographie zu schaffen, das die Befundsicherheit im Sinne eines *second opinion* erhöht und damit die Befundqualität verbessern kann.

Peter Heinlein wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Graduiertenkollegs *Angewandte Algorithmische Mathematik*, Technische Universität München.

Literatur

1. S. Heywang-Köbrunner, u. a.: Bildgebende Mammadignostik: Untersuchungstechnik, Befundmuster und Differentialdiagnostik in Mammographie, Sonographie und Kernspintomographie. Thieme Verlag, Stuttgart, 1996.
2. R. Carmona, W. L. Hwang, B. Torresani: Practical Time-Frequency Analysis: Gabor and wavelet transform with implementation in S. Academic Press, New York, 1998.
3. S. Mallat: A Wavlet Tour of Signal Processing. Academic Press, 1998.
4. A. Aldroubi, M. Unser: Wavelets in Medicine and Biology. CRC Press, New York, 1996.
5. A. Jäckel (Hrsg.): Telemedizinführer Deutschland, Ausgabe 2000. Minerva Verlag, Darmstadt, 1999.