Medizinische Bildverarbeitung
-Aktueller Stand und Zukunftsperspektiven-

Erdmuthe Meyer zu Bexten[1] und Jens Hiltner[2]

[1]Fachhochschule Gießen-Friedberg
Fachbereich Mathmatik, Naturwissenschaften und Informatik
Wiesenstr. 14, 35390 Gießen
Email: erdmuthe.meyer-zu-bexten@mni.ls1.informatik.fh-giessen.de

[2]Universität Dortmund
Fachbereich Informatik, Lehrstuhl I
Otto-Hahn-Str. 16, 44227 Dortmund
Email: hiltner@ls1.informatik.uni-dortmund.de

Zusammenfassung: Der Bereich der Medizinischen Bildverarbeitung ist ein sehr umfangreiches Anwendungsgebiet in der großen Disziplin der Bildverarbeitung. Er hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen (siehe beispielsweise die verschiedenen Konferenzen und Workshops, neu erschienene Bücher und die unterschiedlichen Lehrveranstaltungen an den Hochschulen). Neben der Entwicklung immer besser werdender bildgebender Verfahren hat auch gerade die Anwendung „Intelligenter Systeme“ (Unscharfe Logik, Neuronale Netze und Evolutionäre Algorithmen) in den siebziger Jahren bis heute dieses Forschungsgebiet zusätzlich neu „belebt“, was sich auch in den vielen neuen positiven Forschungsergebnissen widerspiegelt.

Schlüsselwörter: Medizinische Bildverarbeitung, Industrie, Wissenschaft, Aktueller Stand, Zukunftsperspektive

1 Einleitung

Um einmal mit verschiedenen Wissenschaftlern zu analysieren, wie sich der aktuelle Stand und die Zukunftsperspektiven der Bildverarbeitung in der Medizin wirklich in der Praxis darstellen, wurde auf dem 3. Anwendersymposiums für Bildverarbeitung in Aachen eine Podiumsdiskussionssitzung mit dem Thema „Bedeutung und Perspektiven der Medizinischen Bildverarbeitung“ veranstaltet. Der Kreis der Diskussionspartner [1] war bewußt sehr breit gewählt worden, damit während der Sitzung verschiedene Meinungen und Standpunkte zur Sprache kommen und diskutiert werden konnten: Vertreter aus der Industrie waren ebenso eingeladen, wie auch Vertreter der Hochschulen mit unterschiedlichsten Fachrichtungen, wie Medizin, Informatik und Ingenieurwesen. Zu Beginn dieses Beitrages richtet sich nochmals ein recht herzlicher Dank an die Diskussionspartner, denn ohne ihre rege Teilnahme hätte keine so lange und erfolgreich Diskussion stattfinden können. Im Rahmen dieses Beitrages werden nun die verschiedenen Standpunkte der Experten zur Bedeutung der medizinischen Bildverarbeitung und ihrer Zukunftsperspektiven vorgestellt und diskutiert.

2 Bildverarbeitung

Die Bildverarbeitung ist eine traditionelle Disziplin. Der Begriff als solches wird in verschiedenen Kontexten unterschiedlich ausgelegt. Im engeren Sinne sollte zwischen *Bildbearbeitung* und *-verarbeitung* unterschieden werden. Bildbearbeitung umfaßt dabei die manuelle oder automatische Modifikationen von Bildern, die ohne a priori Wissen über den konkreten Inhalt des einzelnen Bildes realisiert wird. Hierunter fallen also z.B. histogrammbasierte Algorithmen zur Kontrastverbesserung oder einfache Faltungsoperationen zur Kantenverstärkung. Die Bildverarbeitung hingegen umfaßt solche Verfahren, die auf einer höheren Abstraktionsebene a priori Information zur Segmentierung, Klassifikation oder Interpretation integrieren [4].

Die medizinische Bildverarbeitung stellt immer einen Teil eines komplexen medizinischen Entscheidungsprozesses dar. Das Ziel der medizinischen Bildverarbeitung besteht darin, diagnostische Fehler zu reduzieren und den therapeutischen Eingriff zu unterstützen, wobei der Arzt im Mittelpunkt steht und die medizinischen Bildverarbeitungssysteme ihm hilfreich zur Seite.

Mit der Entwicklung großer und leistungsfähiger Rechnersysteme, d.h. mit dem großen Fortschritten im Bereich der Halbleitertechnologie und dem Voranschreiten der Weltraumforschung in den sechziger Jahren gewann die Bildverarbeitung zunehmend an Bedeutung [6]. Auf Seiten der Medizin war dies die rasanteste Weiterentwicklung im Bereich der bildgebenden Verfahren. Neben den in der Bildverarbeitung am häufigsten zur Bildgewinnung eingesetzten CCD-Kameras kommen hier eine große Zahl anderer bildgebender Verfahren zum Einsatz, wie z. B. Ultraschall, Thermo-, Kernspintomo- und Röntgen-Computer-Tomographie (PET), Single-Photon-Emissions-CT (SPECT), digitale Angiographie (DA). Dieser Trend hat sich bis heute stetig anwachsend gehalten. Gerade durch den „Einsatz“ Intelligenter Systeme in den siebziger Jahren wurde dieses Forschungsgebiet zusätzlich neu „belebt“, was sich auch in den vielen positiven Forschungsergebnissen widerspiegelt. Die Ergebnisse der im Rahmen der Diskussionsrunde diskutierten Fragen werden im folgenden vorgestellt.

2.1 Wie wird es speziell in dem Anwendungsbereich Medizin weitergehen?

Einheitlicher Konsens bei der Diskussion herrschte darüber, daß der Einsatz von Methoden der Bildverarbeitung in der Medizin eine immens gestiegene Bedeutung in den letzten Jahren erfahren hat. Sie hat neben der Medizin auch in vielen anderen Anwendungsbereichen erfolgreich Einzug gehalten, wie z.B. in der Technik, der Produktionsautomatisierung, der Qualitätskontrolle, der Umwelttechnik oder Robotik. Dieser Trend in der Medizin, der sich in den kommenden Jahren eher noch verstärken wird, ist hauptsächlich auf die Einführung moderner bildgebender Verfahren wie Computer- und Magnetresonanztomographie zurückzuführen. Darüber hinaus wird die Bildverarbeitungstechnologie [7] noch mehr Anwendungsbereiche in der Medizin erschließen.

Dieser Aufschwung wird auch zusätzlich bekräftigt durch die steigende Zahl an Konferenzen u.ä. (z.B. [1, 2, 3]) in den letzten zehn Jahren zu diesem Thema. Darüber hinaus werden seit vielen Jahren verstärkt die theoretischen Grundlagen immer mehr an Hochschulen in Form von Vorlesungen, Seminaren und andern Lehrveranstaltungen vermittelt, unterstützt durch die zunehmende Zahl an neu erscheinenden Büchern zu dieser Thematik. Was für Probleme gibt es?

Wie bei der Diskussion deutlich wurde, sind die Probleme in der medizinischen Bildverarbeitung vielseitig und von verschiedener Größe, trotzdem aber wohl nicht unlösbar. Die Probleme reichen von Akzeptanzproblemen für Bildverarbeitungssysteme bei den Ärzten bis hin zur Datensicherheit von erzeugten Bilddaten, deren Übermittlung zu verschiedenen Einrichtungen (wie z.B. Praxen und Krankenhäuser) sowie Zugriffssicherheit und der Vertraulichkeit der übermittelten Informationen.

Viele Mediziner nehmen gegenüber Bildverarbeitungssystemen eine passive, kritische Haltung ein. Zum einen sind sie nicht vertraut mit der Bedienung von Computersystemen, zum anderen haben sie Bedenken bezüglich der neuen Methoden. Sie fragen nach der Qualitätskontrolle für die neuen Systeme: Wie sicher sind die präsentierten Ergebnisse der Computersysteme? Deshalb setzen sich neue und gute Systeme, die an den Universitäten entwickelt wurden, bei den Ärzten nicht durch. Weniger als 5% der Forschungsergebnisse werden nur in die Industrieentwicklung umgesetzt. Wie kann diese Problematik entschärft werden? Der Ruf nach einheitlichen Standards wird immer lauter. Zur Zeit gibt es aber nur Insellösungen. Verschiedene Fachverbände bemühen sich um Standards, aber es ist noch kein harmonischer Prozeß. Es wird demzufolge noch einige Zeit dauern, bis es fest definierte Standards gibt. In den USA ist die Situation besser: Mediziner sehen sich dort intensiver nach Neuerungen um und stehen diesen auch viel aufgeschlossener gegenüber.

Darüber hinaus fürchten viele Ärzte um ihre Akzeptanz. Lösen wirklich die neuen Systeme mit neuen Methoden die Ärzte ab? Dies ist auf keinen Fall so! Die neuen Systeme sollen die Ärzte bei der Diagnose lediglich unterstützen und somit die getroffene Diagnose sicherer machen.

Zwar interessieren sich viele Mediziner für die Bildverarbeitung und entwickeln in Zusammenarbeit mit Informatikern Bildverarbeitungssysteme. Aber leider reicht der Enthusiasmus der jungen Mediziner nur bis zur Vollendung ihrer Dissertation oder Habilitation. Nur wenige interessieren sich noch später weiter für die neuen Technologien, zudem fehlt ihnen die Zeit dafür.

Ein weiteres Problem bei der Bildverarbeitung in der Medizin liegt in der Verfügbarkeit der gewonnenen Bilddaten. Die Radiologen haben allgemein den Wunsch nach Zusammenfügung der verschiedenen bildgebenden Verfahren an eine Arbeitsstation. Von einem Patienten möchten sie alle bereits erstellten Aufnahmen zur gleichen Zeit zur Verfügung haben, um eine bessere Diagnose durchführen zu können.

Viele Mediziner meinen auch, daß sich etwas politisch ändern muß. Es muß nach ihrer Meinung eine zweite Diagnose gesetzlich festgeschrieben werden, was eine schnelle Kommunikation über Datenhighways erfordert, denn viele Radiologen fragen auch jetzt schon Kollegen zwecks Festlegung einer genauen Diagnose. Aber die

Radiologen fragen nicht gerne den Kollegen in der Nachbarschaft, sondern lieber weiter entfernt wohnende. Das ist ein weiteres Problem, wie selbst die Radiologen von sich sagen. Die deutschen Radiologen untereinander befinden sich im großen Konkurrenzkampf, was auch bei der Bewertung von Projekten deutlich wird: Deutsche untereinander lehnen ihre Projekte ab, während ausländische Kollegen die eingereichten Projekte der Deutschen sehr gut finden.

2.2 Welche Probleme müssen vorrangig gelöst werden?

Das Wissen des Arztes muß angemessen in den Bildverarbeitungsprozeß einbezogen werden, dazu sind geeignete Systeme zu entwickeln. Zudem wird eine hohe Anforderung an diese System bzgl. ihrer Bedienbarkeit und Verständlichkeit gefordert, da die Mediziner bzw. die Anwender in der Regel keine Informatiker sind. Auch die im System selbst ablaufenden Prozesse müssen klar nachvollziehbar sein, um sowohl die Anwendung als auch die Akzeptanz zu sichern.

Ein weiteres wichtiges Problem ist, daß das Wissen aus der Industrie auch den Forschern an den Hochschulen und den Medizinern in der Praxis Preis gegeben werden muß. Technisches Wissen, d.h. wie die einzelnen Aufnahmegeräte wirklich arbeiten, ist in den Hochschulen kaum bekannt. Der Arzt muß die Entscheidung fällen, welche bildgebenden Verfahren eingesetzt werden, um zu einer guten Diagnose zu kommen. Denn erst dann kann er zu einer Therapie übergehen.

2.3 Was brachte bzw. bringt der Einsatz intelligenter Systeme?

Durch den Einsatz intelligenter Systeme (Unscharfe Logik, Neuronale Netze und Evolutionäre Algorithmen) und wissensbasierter Systeme wird die Leistungsfähigkeit der Bildverarbeitungssysteme verbessert (z. B. in [5, 8]). Durch bessere und leistungsfähigere Systeme wiederum wird die Menge der praktisch lösbaren Probleme beträchtlich erhöht. Es können somit immer mehr umfangreiche und komplexe Verfahren eingesetzt werden. Ein wenig pauschal gesagt, handelt es sich bei den intelligenten Systemen um Methoden, die zum einen eine abweichungstolerante Bildverarbeitung garantieren und zum anderen das spezifische Wissen aus der Medizin berücksichtigen. Ein klassisches Anwendungsbeispiel aus der Medizin die Behandlung interindividueller Variabilitäten, also die sehr patientenspezifischen verschiedenartigen Ausprägungen eines an sich gleichen Objektes, beispielsweise das menschliche Gehirns. Toleranz gegenüber Abweichungen wird insbesondere durch Methoden wie Neuronale Netzwerke und Fuzzy-Systeme, aber auch bezüglich gewisser Eigenschaften invarianter Transformationen gewährleistet. Die weitere Erforschung dieser Methoden kann die Akzeptanz von Informatikmethoden in der Medizin deutlich unterstützen.

Um die Leistungsfähigkeit dieser Methoden zu optimieren, sind intelligent wirkende Werkzeuge vonnöten. So wie ein Mediziner, der bei der visuellen Auswertung eines Bilddatensatzes über eine Vielzahl von Standardwissen in Kombination mit Wissen über den zugrundeliegenden Fall verfügt, reicht auch in leistungsfähigen Bildverarbeitungssystemen nicht allein ein gut elaborierter Satz an Bildverarbeitungsoperatoren aus. Eine Wissenskomponente, die nahtlos an die Bildverarbeitung anschließt und mit dieser im Dialog steht, spiegelt einen zentralen Aspekt zukünftiger Systeme wider.

Die Kombination von Bildverarbeitungsmethoden mit effizienten wissensbasierten Systemen bietet sich an, um zu einer genauen Analyse des Bildmaterials und einer besseren Unterstützung des praktizierenden Arztes zu gelangen.

Es gibt aber auch viele Ärzte, die von den intelligenten Systemen enttäuscht sind, da sie ja nicht das "Allheilmittel" darstellen, als das sie viele Jahre hingestellt wurden. Auch viele Entwickler stehen diesen Methoden der intelligenten Systeme kritisch gegenüber und die Firmen, die sie eingesetzt haben, haben damit noch nicht so viel Geld machen können, wie sie sich erhofft hatten. Nur die Ministerien fördern an den Hochschulen diese Methoden sehr stark.

2.4 Was bringt die Zukunft hervor?

Das Interesse an medizinischen Bildverarbeitungssystemen ist auf jeden Fall gerade in den letzten Jahren sehr stark gestiegen und immer mehr Wissenschaftler beschäftigen sich mit diesem Themengebiet. Und das wird sich auch in der nächsten Zukunft nicht so plötzlich ändern. Wenn man die verschiedenen Probleme, wie sie zuvor geschildert wurden, versucht weitestgehend zu beheben, hat die medizinische Bildverarbeitung eine große Zukunft. Es wird dann viele Systeme geben, die die Ärzte bei ihrer Diagnose unterstützen und auch Veränderungen frühzeitig zu erkennen hilft. Somit ist dann nicht nur den Medizinern mit derartigen modernen Systemen geholfen, sondern auch den Patienten in Bezug auf die Vorsorge.

3 Zusammenfassung

In der Diskussion kamen Leistungen der unterschiedlichen medizinischen Bildverarbeitungssyteme, konzeptionelle Fragen, bestehende Probleme und kritische Positionen zur Sprache. Aus Unternehmersicht wurden Bildverarbeitungs- und Archivierungssysteme als Marktsegment mit großem Wachstumspotential dargestellt, andererseits wurde auf die gleichzeitige Stagnation in Deutschland bei Forschung und Innovation hingewiesen: Nahezu alle neuen Entwicklungen und Methoden der Bildverarbeitung haben ihren Ursprung in den USA. Den künftigen Beitrag der Informatik zu technischen Fortschritten auf diesem Gebiet und zur Ausweitung der Einsatzfelder betrachteten alle Experten als positiv. Dazu muß aber das Wissen der Mediziner noch stärker in den Bildverarbeitungsprozeß mit einbezogen werden und die Systeme sehr benutzerfreundlich gestaltet werden, da die Anwender dieser Systeme in der Regel keine Informatiker sind.

4 Literatur

1. Meyer zu Bexten E u.a.: Bedeutung und Perspektiven in der medizinischen Bildverarbeitung, 3. Anwendersymposium ‚Aktuelle Entwicklungen und Realisierungen der Bildverarbeitung', 11. und 12. September, Aachen, S. 89-96, 1997
2. 1. Aachener Workshop „Bildverarbeitung für die Medizin", Aachen, November 1996
3. Freiburger Workshop „Digitale Bildverarbeitung in der Medizin", Freiburg, März 1997
4. Lehmann T, Oberschelp W, Pelikan E, Repges R: Bildverarbeitung für die Medizin – Grundlagen, Modelle, Methoden, Anwendungen. Springer Verlag, 1997
5. Tizhoosh H.R: Fuzzy-Bildverarbeitung in Theorie und Praxis. Springer Verlag, 1997
6. Medizinische Bildverarbeitung. Spektrum der Wissenschaft, Juni 1997
7. Bildverarbeitungs-Systeme - Applikationsberichte, VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH, Wiesbaden, 1997
8. J. Hiltner, M. Jäger, E. Meyer zu Bexten, C. Tresp, M. Fathi: Analyse Medizinischer Bilddaten mit Hilfe unscharfen Wissens, Tagungsband zum 5. Workshop Digitale Bildverarbeitung in der Medizin, Freiburg, März 1997