

Universität Leipzig
Fakultät für Mathematik und Informatik
Institut für Informatik
Abteilung Betriebliche Informationssysteme
SoSe 2017
Modul: 10-201-2333: Wissen in der modernen Gesellschaft
Modulverantwortlicher: Prof. Dr. Hans-Gert Gräbe

Die digitale Infrastruktur der Medizindiagnostik

Autor: Jakob Mann
Leipzig 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Begriffsbestimmung.....	4
2.1. Digitale Infrastruktur	4
2.2. Medizindiagnostik	4
2.3. Bildgebende Verfahren.....	5
3. Übersicht über ausgewählte bildgebende Verfahren.....	6
3.1. Röntgenuntersuchung	6
3.2. Computertomografie (CT).....	7
3.3. Sonografie (Ultraschall)	8
3.4. Magnetresonanztomografie (MRT).....	9
4. Standards zur Speicherung und Übertragung von Bildern	11
5. Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine & Bedeutsamkeit bildgebender Verfahren	12
6. Fazit.....	14
7. Literaturverzeichnis	15

1. Einleitung

Die technische Entwicklung hat in den letzten Jahren enorm zugenommen und viele Bereiche der Gesellschaft geprägt und verändert. Auch in der Medizin stellt dieser Fortschritt einen wichtigen Bestandteil dar. Bildgebende Verfahren sind aus der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken und haben in den vergangenen Jahren eine deutliche Entwicklung durchgemacht. Um einige Beispiele zu nennen: Computer Tomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschall, Impedanz-Tomographie, Endoskopie. Diese Verfahren ermöglichen es ins Innere des Körpers zu schauen und haben dadurch eine unglaublich wichtige Bedeutung für die Diagnostik, Therapieplanung und Verlaufskontrolle erlangt. Und die Forschung steht nicht still, man kann auf diesem Gebiet in Zukunft noch größere Fortschritte erwarten. Bilder spielen dabei eine besonders wichtige Rolle, denn sie sind der wesentliche Informationsträger. Da letztlich eine visuelle Auswertung und Interpretation durch den Menschen nötig ist muss zunächst eine flächendeckende Verwendung gewährleistet werden. Dafür benötigt man einheitliche Standards zur Definition von Formaten für die Speicherung und Übertragung von medizinischen Daten.

In der folgenden Arbeit werden zunächst zentrale Begriffe geklärt, dann werden verschiedene bildgebende Verfahren vorgestellt und deren Vorteile, sowie auch Schwachstellen aufgezeigt. Weiterhin werden die in der Medizindiagnostik verwendeten Standards zur Speicherung und Übertragung von Bildern beleuchtet. Ziel ist es die Wichtigkeit bildgebender Verfahren und deren Einfluss auf die medizinische Diagnostik und Therapie aufzuzeigen.

2. Begriffsbestimmung

Zunächst sollen einige zentrale Begriffe und deren Verwendung geklärt werden, um ein klares und einheitliches Verständnis zu ermöglichen.

2.1. Digitale Infrastruktur

Nach dem Gabler Wirtschaftslexikon beschreibt der Begriff Infrastruktur die "Grundausrüstung einer Volkswirtschaft (eines Landes, einer Region) mit Einrichtungen, die zum volkswirtschaftlichen Kapitalstock gerechnet werden können, die aber für die private Wirtschaftstätigkeit den Charakter von Vorleistungen haben." (zu finden unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/infrastruktur.html> (Abruf: 23.10.2017)). Dazu gehören beispielsweise Straßen- und Verkehrsinfrastrukturen, Strom- und Wasserversorgung und auch digitale Infrastrukturen. Sie sind also Grundbausteine, ohne die wirtschaftliche Prozesse kaum bis gar nicht möglich wären. Die digitale Infrastruktur ist also Teil der Informations- und Kommunikationsinfrastruktur. Dieser beinhaltet das Verbreiten und Funktionieren digitaler Anwendungen, wie zum Beispiel Werkzeuge und Methoden zur Speicherung, Übertragung und Auswertung von Bildern, die ja maßgeblich für die Medizindiagnostik sind.

2.2. Medizindiagnostik

Der Begriff setzt sich aus zwei Teilen zusammen, Medizin und Diagnostik. Unter Medizin versteht man im weitesten Sinne die Erkennung, Vorbeugung und Behandlung körperlicher und seelischer Erkrankungen von Menschen, sie bezeichnet also die Wissenschaft von menschlichen Krankheiten und deren praktische Anwendung (vgl. DocCheck Flexikon, zu finden unter: <http://flexikon.doccheck.com/de/Medizin> (Abruf: 23.10.2017)). Die Diagnostik, genauer Medizindiagnostik, ist also ein wichtiger Bestandteil der Medizin. Sie beschäftigt sich mit der Erkennung von Krankheiten. Dazu gehören verschiedene Maßnahmen und Verfahren, die dabei helfen eine möglichst genaue Diagnose, also Feststellung und Benennung, der zugrunde liegenden Krankheit zu ermöglichen. Hilfsmittel dafür sind unter anderem bildgebende Verfahren.

2.3. Bildgebende Verfahren

Bildgebende Verfahren in der Medizindiagnostik gehören zu den apparative Untersuchungsmethoden. Diese erfolgen mit Hilfe eines komplexen, elektronischen Gerätes. Sie ermöglichen eine visuelle Darstellung eines Befunds, liefern also Bilddaten von Organen und Strukturen des Patienten. Diese bedürfen dann natürlich noch einer fachgerechten Interpretation bzw. Auswertung. Vorrangig werden sie eingesetzt um krankheitsbedingte Veränderungen darzustellen. Einige Beispiele für solche Verfahren sind: Röntgen, Ultraschall, Computertomografie, Magnetresonanztomografie, Positronenemissionstomografie, Szintigrafie und Thermografie. Diese einzelnen Verfahren stützen sich dabei auf verschiedene technische und physikalische Grundlagen und haben jeweils ihre Vorteile und spezielle Einsatzgebiete, jedoch auch Schwachstellen und Grenzen. Einige davon werden im Folgenden noch näher vorgestellt.

3. Übersicht über ausgewählte bildgebende Verfahren

Im Folgenden werden die wichtigsten bildgebenden Verfahren der Medizindiagnostik vorgestellt. Dabei wird der Aufbau und die Funktionsweise der einzelnen Verfahren erläutert, die Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt und Vorteile sowie Nachteile/Schwächen beleuchtet.

3.1. Röntgenuntersuchung

Das Röntgenverfahren (alltagssprachlich: Röntgen) ist eines der bekanntesten bildgebenden Verfahren in der Medizin und stützt sich auf die von Röntgen entdeckte Strahlung. Dabei werden in einer Röntgenröhre mittels Starkstrom Röntgenstrahlen erzeugt und in die Richtung des zu untersuchenden Objekts (z.B. eine bestimmte Körperregion) gelenkt und beschleunigt. Beim durchdringen des Objekts werden diese Strahlen abgebremst/geschwächt. Hinter dem Körperteil wird die Intensität dieser Strahlen von Detektoren aufgenommen. Dies kann zum Beispiel ein konventioneller Film oder Leuchtschirm sein, oder auch ein digitales System. Durch die unterschiedliche Abschwächung einzelner Strahlen entstehen Graustufenbilder.

Die Strahlung wird in Abhängigkeit von der Röhrenspannung in harte und weiche Strahlung unterteilt. Je kurzwelliger und energiereicher die Strahlung ist, desto härter ist sie. Beide Arten haben unterschiedliche Anwendungsbereiche. Harte Strahlung ermöglicht die Darstellung des Skeletts, wohingegen weiche Strahlung für kontrastreiche und detailreiche Aufnahmen von Weichteilen, z.B. Organen, geeignet ist. Dies liegt daran, dass harte Strahlung nur durch Körperbereiche mit einer hohen Dichte (z.B. Knochen) abgeschwächt wird. Weichteile hingegen haben nur eine geringe Dichte und absorbieren dafür die weichen, energiearmen Strahlen. Daraus folgt allerdings auch, dass die weiche Strahlung für den Menschen schädlicher ist, als die harte Strahlung. Strahlenschäden können sogar zum Tod führen. Selbst Röntgen, der Entdecker dieser Strahlung ist an den Folgen eines Tumors gestorben. Es gibt zwar Mittel zur Abschirmung und Schwächung der Strahlung, wie z.B. Blei, Aluminium oder Kupfer, um die Strahlungsbelastung auf die zu untersuchende Stelle zu beschränken, jedoch reicht dies nicht aus um eine Schädigung vollständig zu verhindern.

3.2. Computertomografie (CT)

Die Computertomografie (kurz CT) nutzt die Röntgentechnik als Grundlage. Dieses Verfahren ist neuer und mittlerweile genauso unverzichtbar wie die konventionelle Röntgendiagnostik. Dabei wird das zu untersuchende Objekt (Körperteil) jedoch nicht nur aus einer Richtung durchstrahlt, sondern es werden mehrere Aufnahmen aus verschiedenen Richtungen gemacht. Dies geschieht mittels einer Röntgenröhre, die das Objekt einmal umrundet. Aus diesen einzelnen Aufnahmen kann der Computer dann das zweidimensionale Querschnittsbild rekonstruieren. Werden dazu noch mehrere nebeneinanderliegende Schichten aufgenommen ist auch die dreidimensionale Berechnung und Darstellung möglich.

Bei der praktischen Durchführung einer CT liegt der Patient auf einem Untersuchungstisch und fährt in das röhrenähnliche CT-Gerät ein. Darin befindet sich die Röntgenröhre, die sich mehrmals um 360° um den Patienten dreht. Dieser wird währenddessen mit dem Tisch durch die die Röhre vorgeschoben. Die Geschwindigkeit der Abtastung ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Beispielsweise wird durch einen Röntgenstrahlfächer das ganze Objekt in einer Ebene simultan erfasst, dadurch braucht die Röhre nur noch um den Patienten zu kreisen und muss nicht mehrere Aufnahmen aus der selben Position machen. Bei Spiral-CTs wird der Patient kontinuierlich durch das Messfeld bewegt und somit spiralförmig abgetastet. In der weiteren Entwicklung wurde es dann möglich mehrere Schichten pro Rotation aufzunehmen und die Rotationszeit auf einige Millisekunden zu verkürzen. Dadurch wurde das Kardio-CT möglich, mit dem man das pulsierende Herz und die sich schnell bewegenden Herzkranzgefäße detailliert untersuchen kann. Bei neueren, sogenannten Dual-Source-CTs rotieren zwei Röntgenröhren um den Patienten. Weiterhin sind die Forscher stets bemüht die Strahlenbelastung auf den Patienten zu reduzieren ohne die Aufnahmequalität zu verschlechtern.

Die CT wird im Klinik-Alltag sehr vielfältig eingesetzt und ist kaum noch wegzudenken. Einsatzgebiete sind unter anderem bei der Untersuchung von Blutgefäßen, inneren Organen, zur Kopfdiagnostik und zur Tumordiagnostik. Die größten Vorteile sind eine gute Auflösung und trotzdem kurze Untersuchungszeit. Zudem ist diese Technik mittlerweile in fast allen Krankenhäusern verfügbar. Wie allerdings schon angedeutet hat diese Verfahren auch einen großen Nachteil, denn

die Strahlenbelastung ist in der zu untersuchenden Körperregion relativ hoch. Wie auch beim Röntgenverfahren hat die auf den Körper einwirkende Strahlung eine potentiell schädigende Einwirkung. Darum sollte jede CT-Untersuchung hinterfragt und überdacht werden.

3.3. Sonografie (Ultraschall)

Unter Sonografie versteht man die bildgebenden Verfahren, die auf dem akustischen Echoeffekt beruhen. Es ist also die Anwendung von Ultraschall zur Untersuchung von organischem Gewebe. Dabei werden Schallimpulse ausgesendet, die beim Auftreffen auf Grenzschichten im Gewebe unterschiedlich stark reflektiert werden. Der Unterschied der Schallwellenwiderstände spiegelt sich in der Amplitude des reflektierten Signals wieder. Dadurch kann man auf die Gewebeart schließen. Auch der Abstand zum Schallkopf kann mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit und der Zeitdifferenz zwischen Aussenden und Empfangen des reflektierten Signals ermittelt werden. Aus diesen Werten wird letztendlich auch das Bild errechnet. Zunächst sendet der Schallkopf Schallwellen in verschiedene Richtungen aus und empfängt dann die Echoamplituden. Diese Werte bestimmen letztlich die Helligkeit des jeweiligen Bildpunktes. Die jeweilige Position eines Punktes wird durch die Reflexionszeit bestimmt. Die so erzeugten Schnittbilder ergeben letztlich dann das zweidimensionale Bild in Grauwerten. Dieser Abtastvorgang ist sehr schnell hintereinander möglich, so dass Bewegungsabläufe in Echtzeit sichtbar werden.

Am Häufigsten wird dieses Untersuchungsverfahren bei der Geburtshilfe eingesetzt und ist dort auch nicht mehr wegzudenken. Weiterhin ist es das wichtigste Verfahren bei der Unterleibsdiagnostik, bei Gallenblasen- und Nierenuntersuchungen oder bei der Beurteilung von Gefäßen und deren Durchlässigkeit. Desweiteren wird es bei Heilbehandlungen des Auges, zur Untersuchung der Schilddrüse und des Herzens oder in der Gynäkologie eingesetzt. Im Grunde wird es bei fast allen medizinischen Fachdisziplinen genutzt. Das liegt vor allem daran, dass es ein sehr risikoarmes Untersuchungsverfahren ist, die Durchführung sehr schnell geht und die Verfügbarkeit sehr hoch ist, da die Anschaffungs- und Betriebskosten vergleichsweise gering sind. Ein wesentlicher Vorteil zu den bisher genannten Verfahren liegt in der Unschädlichkeit der verwendeten Schallwellen, selbst sensible Gewebe werden dadurch nicht beschädigt. Nachteilig ist allerdings, dass die

Beschallung nur aus einer Richtung stattfindet und somit Grenzflächen, die nicht senkrecht zum Schalleinfall liegen nur schwach aufgelöst werden. Außerdem verhindern Gas und Knochen die Ausbreitung der Schallwellen, wodurch Körperregionen die vorrangig aus Gas (Luft) oder Knochen bestehen kaum darstellbar sind.

3.4. Magnetresonanztomografie (MRT)

Die Magnetresonanztomografie (kurz MRT), oder auch Kernspintomografie, ist eines der neueren bildgebenden Verfahren in der Medizin. Bei dieser Untersuchungsmethode wird sich das häufige Vorkommen von Wasserstoff in organischem Gewebe zu nutzen gemacht. Der Kern des Wasserstoffatoms, also das Proton, hat einen Eigendrehimpuls, den sogenannten (Kern-)Spin. Dieser erzeugt ein magnetisches Wirbelfeld. Auch im Inneren des MRT-Geräts befindet sich ein supraleitender Magnet. Dieser erzeugt ein sehr starkes, homogenes Magnetfeld mit großer Feldstärke, wodurch sich die Wasserstoffatome parallel zueinander ausrichten, wie bei Kompassnadeln. Nun werden vom MRT-Gerät Radiowellen mit einer ganz bestimmten Frequenz und Stärke ausgesendet. Dabei nehmen die Wasserstoffkerne die in den Wellen enthaltene Energie auf und werden dadurch ausgelenkt, also werden aus ihrer Ausrichtung gestoßen. Nachdem der Radiowellenimpuls vorbei ist schwingen die Kerne wieder in ihre ursprüngliche Ausrichtung zurück (parallel zum Magnetfeld). Dabei wird die zuvor aufgenommene Energie wieder freigesetzt und kann von Sensoren im MRT-Gerät gemessen werden. Für diese sogenannte Relaxation benötigen die Wasserstoffkerne eine charakteristische Abklingzeit, die abhängig von der Art des Gewebes ist, in der sie sich befinden. Aus diesen Daten kann dann ein sehr detailliertes Schnittbild erstellt werden. Setzt man mehrere Schnittbilder zusammen kann daraus eine dreidimensionale Darstellung errechnet werden. Die Bilder werden in Grauwerten dargestellt und die einzelnen Gewebe und Organe werden durch ihre Helligkeit voneinander abgegrenzt.

Die MRT ist ein beliebtes und gern eingesetztes diagnostisches Verfahren und ist in vielen Punkten anderen bildgebenden Verfahren überlegen. Der größte Vorteil gegenüber Verfahren wie dem Röntgen oder CT ist die nicht vorhandene Strahlenbelastung, da es komplett ohne Röntgenstrahlen auskommt. Es eignet sich

hervorragend um Weichteile und Organe sehr präzise darzustellen. Besonders gut lassen sich unter anderem folgende Körperregionen beurteilen: Gehirn, Herz, Rückenmark und Nervenkanäle, Wirbelsäule und Bandscheiben, Muskeln, Sehnen und Bänder, sowie Blutgefäße. Weiterhin ist ein MRT-Scan enorm wichtig bei der Diagnose und Behandlung von Tumorerkrankungen, denn Tumore können damit sehr genau lokalisiert werden. Durch die neusten Weiterentwicklungen können mit dem Echtzeit-MRT sogar Bewegungen von Organen, wie das schlagende Herz, in Echtzeit sichtbar gemacht werden, wodurch Eingriffe unter Sichtkontrolle möglich werden. Weiterführend kann durch das fMRT (funktionelles MRT) die Durchblutung des Gehirns sichtbar gemacht werden, man kann also sehen welche Bereiche des Gehirns beim Denken besonders beansprucht werden.

Es kommt allerdings an seine Grenzen, wenn das zu untersuchende Gewebe wenig Wasser oder viel Luft enthält, also lassen sich zum Beispiel Knochen oder die Lunge kaum damit untersuchen. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Untersuchung, gegenüber anderen Untersuchungsverfahren, mit 15-30 Minuten relativ zeitaufwändig ist. In dieser Zeit muss der Patient außerdem sehr still halten, da schon kleine Bewegungen die Bilder unscharf (ungenau) werden lassen. Zudem ist die Röhre, in der der Patient liegt, ziemlich eng und kann Platzangst verursachen. Dazu kommt, dass während der Untersuchung laute Klopfgeräusche durch das MRT-Gerät entstehen, die nicht immer sehr angenehm sind. Weiterhin dürfen sich keine metallischen oder elektrischen Gegenstände im und am Körper befinden (z.B. Handys, Herzschrittmacher, Implantate oder auch Tattoos). Da das Verfahren auf einem konstanten, äußerst starken Magnetfeld beruht wird einerseits die Bildentstehung behindert und andererseits werden höchstwahrscheinlich Schäden an den metallischen Gegenständen, sowie möglicherweise am Patienten verursacht. Ein weiterer wesentlicher Nachteil sind die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten (unter anderem der hohe Stromverbrauch), sowie der große Platzbedarf, weshalb diese Technik nicht in allen Kliniken verfügbar ist.

4. Standards zur Speicherung und Übertragung von Bildern

In Krankenhäusern sind zurzeit häufig verschiedene Informationssysteme im Einsatz, wie beispielsweise das Krankenhaus-Informationssystem (KIS), Radiologie-Informationssystem (RIS) oder Bilddatenarchivierungs- und Kommunikationssystem (PACS). Diese werden für die Erfassung und Verwaltung der Daten der Gesundheitseinrichtungen verwendet. Der flächendeckende Einsatz solcher Informationssysteme wäre nicht möglich gewesen ohne die Entwicklung einheitlicher offener Standards zur Definition von Formaten für die Speicherung und Übertragung medizinischer Daten. In den ersten Jahren hatte jeder Hersteller eines bildgebenden Gerätes eigene Datenformate, so dass die vom Gerät erzeugten Bilder meist nur auf dem mitgelieferten Bildbetrachtungsprogramm oder -gerät angezeigt werden konnten. Eine Weiterleitung der Bilder war folglich kaum möglich. Darum war man darauf bedacht einen einheitlichen Standard festzulegen, um eine bessere Handhabung zu gewährleisten. 1993 wurde der Standard mit dem Namen DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) entwickelt und wenige Jahre später auch allgemein anerkannt. Dieser enthält neben Methoden zur Speicherung und Visualisierung von Bilddaten auch die Übertragung über Netzwerke. Es ist also nicht nur ein einfaches Bildformat, sondern beinhaltet neben dem Inhalt des Bildes zusätzlich noch Informationsobjektclassen, Serviceklassen, Übertragungsprotokolle und Sicherheitsprotokolle. Die Serviceklassen stellen dem Anwender spezifische Dienste wie beispielsweise das Suchen und Speichern von Bildern in einer Datenbank zur Verfügung. Ziel ist es, die Kommunikation von Bilddaten und zugehöriger Informationen (z.B. Patientendaten, Informationen über Parameter der Bildaufnahme, graphische Overlays, ...) zu standardisieren, um somit die Verknüpfung unterschiedlicher Geräte der Bildgebung, Archivierung, Bildbearbeitung und Bilddokumentation zu ermöglichen. Seit Mitte bis Ende der 90er Jahre hat sich das DICOM-Format als allgemeines Austauschformat für Medizindaten durchgesetzt und somit das Problem der Vielfalt und Inkompatibilität in den Hintergrund gedrängt. Vielmehr ist das Streben nach Komprimierung, also Reduzierung des Speicherplatzbedarfs, in den Vordergrund gerückt, denn mit der zunehmenden technischen Ausstattung steigt auch die Anzahl der aufgenommenen Bilder und diese müssen schließlich auch langfristig gespeichert werden.

5. Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine

& Bedeutsamkeit bildgebender Verfahren

Bildgebende Verfahren in der Medizin stützen sich auf die Ausnutzung verschiedenster physikalischer Effekte. Sie sind entstanden durch die Verschmelzung von medizinischem und technischem Wissen, wobei der Ingenieur die Einteilung auf Grundlage der verwendeten physikalischen Grundprinzipien vornimmt, wohingegen der Arzt vielmehr an anderen Aspekten der Beurteilung und Einteilung interessiert ist. Die ausschlaggebenden Faktoren für den Einsatz in der Medizindiagnostik sind letztlich: die Qualität der anatomischen Darstellung von inneren Strukturen und die Differenzierung der Selben, die Detektion pathologischer Symptome, eine sichere Unterscheidung von gutartigen und bösartigen Prozessen und Tumoren, die Kosten einer Untersuchung und natürlich die Belastung des Patienten (z.B. Strahlenbelastung, Untersuchungsdauer, psychologische Belastung, ...). Damit diese interdisziplinäre Arbeit überhaupt funktionieren kann braucht es vor allem ein gutes Verständnis der medizinischen Sichtweise und Kenntnisse über die Vorgehensweise eines Arztes bei der Diagnostik. Die Entwicklungen aus der Forschung müssen sich demnach immer an der praktischen medizinischen Relevanz ausrichten und messen lassen.

Ein weiterer ausschlaggebender Schritt, um diese Verfahren überhaupt sinnvoll und zielgerichtet zur Anwendung zu bringen, ist die qualifizierte und fachgerechte Interpretation und Auswertung der erzeugten Bilder. Das bedarf zum einen ein fundamentiertes Fachwissen in dem jeweiligen medizinischen Gebiet, und zum anderen die sachgemäße Handhabung des Gerätes und der dazugehörigen Kenntnis über die Feineinstellung der Bilder. Die verwendeten Untersuchungsverfahren geben ja meistens nur abstrakte Werte aus, die dann zunächst noch auf geeignete Farben oder Graustufen abgebildet werden müssen. Beispielsweise bei der MRT wird die Signalstärke der einzelnen Bildpunkte nur in Grauwerten abgebildet. Da es keine Normwerte für Signale bestimmter Gewebe oder fest definierte Einheiten gibt, stützt sich die Bildinterpretation auf den Gesamtkontrast und die Signalunterschiede zwischen bekanntem und unbekanntem Gewebe. Es bedarf fachmännischem Können, um diese Feineinstellung der Bilder vorzunehmen, ohne dabei wichtige Details im Bild untergehen zu lassen. Bei anderen Verfahren,

beispielsweise bei der Sonografie funktioniert dieser Prozess größtenteils automatisch. Anders als bei anderen bildgebenden Verfahren ist hierbei allerdings, dass es keine standardisierte Ausbildung für die Benutzung des Untersuchungsverfahrens gibt. Daher bestehen große qualitative Unterschiede in den diagnostischen Fähigkeiten der Anwender. Denn an diesem Punkt kommt es nur noch darauf an, die gesuchte Information aus den Bildern herauszulesen. Um eine zuverlässige Diagnose zu erstellen braucht es ein geschultes Auge und die dazugehörige medizinische Fachkenntnis. Diese Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ist wohl der entscheidende Schritt um einen erfolgreichen Einsatz dieser Technik zur Diagnostik, Therapieplanung oder Verlaufskontrolle zu gewährleisten.

Für die Zukunft gehen Marktforscher davon aus, dass neuere medizinische Geräte zum einen einfacher in der Bedienung werden sollen und zum anderen die Miniaturisierung und Portabilität der Geräte, sowie die fortschreitende Digitalisierung der Messgrößen die treibenden Wachstumsfaktoren in der Forschung sein sollen. Zudem wird auch die Forschung an hybriden Verfahren zur Bildgebung vorangetrieben, wobei versucht wird die Vorzüge mehrerer Untersuchungsmethoden miteinander zu koppeln und gleichzeitig ihre Schwächen auszugleichen. Desweiteren werden vor allem Alternativen zu aktuellen Verfahren mit gesundheitsgefährdenden Aspekten, wie zum Beispiel dem Einsatz von Röntgenstrahlen, gesucht. Der größte Antrieb im Bereich der Forschung ist letztlich aber trotzdem die Kostenverringerung für die Anschaffung, den Einsatz und die Wartung bildgebender Geräte. Denn durch den Einsatz eines solchen Verfahrens kann oft schon die Krankenhausaufenthaltsdauer eines Patienten um wenige Tage verringert werden, wodurch wiederum weitere Kosten gespart werden können.

Um einen kurzen Ausblick zu geben: Die Visionen in der Forschung sehen eine millimetergenaue Darstellung von Organen vor, womit sogar Aussagen über deren Funktion (z.B. den Stoffwechsel) möglich sein sollen, und das womöglich ganz ohne Strahlenbelastung. Weiterhin soll durch den Einsatz sogenannter Biomarker die Alzheimer-Krankheit schon Jahre vor den ersten Symptomen nachgewiesen werden können.

6. Fazit

Bildgebende Verfahren sind aus der Medizindiagnostik überhaupt nicht mehr wegzudenken. Sie nehmen eine unglaublich wichtige, und eigentlich unersetzliche Position bei der Diagnose und Therapie verschiedenster Krankheitsbilder ein. Die technische Entwicklung hat in den vergangenen Jahren erhebliche Fortschritte gemacht und schon jetzt ist absehbar, dass die Forschung noch viele Verbesserungen und Neuerungen mit sich bringt. Wie auch schon bei der Entwicklung der Computer zu sehen war, kann man höchstwahrscheinlich davon ausgehen, dass es bei den bildgebenden Verfahren ebenso ein exponentielles Wachstum in der Leistungsfähigkeit und eine Minimierung des Ressourcenbedarfs geben wird. Letzten Endes hängt die Beurteilung der Bilder allerdings immer vom Menschen ab (zumindest in der heutigen Zeit). Die Interpretation und die daraus folgenden Erkenntnisse und Handlungen setzen ein geschultes Auge und umfangreiches Fachwissen voraus. Es kommt also auf das Zusammenspiel von Mensch und Maschine an. Denn letztlich sind sie nur ein Hilfsmittel, das dem Menschen gewisse Entscheidungen und komplizierte Eingriffe zwar ermöglicht, die aber kein Erfolgsgarant für die tatsächliche Diagnose und Behandlung sind.

Es bleibt für die Zukunft abzuwarten wie weit die Entwicklung solcher technischen Hilfsmittel noch geht und wie viele Tätigkeiten und Hilfeleistungen durch Maschinen übernommen werden, denn die Forschung schreitet rasant voran und das Potential (aber auch mögliche Gefahren) sind kaum vorstellbar.

7. Literaturverzeichnis

Bücher:

Dössel, O. (2000). *Bildgebende Verfahren in der Medizin. Von der Technik zur medizinischen Anwendung*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Ehrlicke, H.-H. (1997). *Medical Imaging. Digitale Bildanalyse und -kommunikation in der Medizin*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.

Lehmann, T., Oberschelp, W., Pelikan, E., Peggels, R. (1997). *Bildverarbeitung für die Medizin. Grundlagen, Modelle, Methoden, Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Internetquellen:

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/infrastruktur.html> (Abruf: 23.10.2017)

<http://flexikon.doccheck.com/de/Medizin> (Abruf: 23.10.2017)

<http://flexikon.doccheck.com/de/Computertomographie> (Abruf: 25.10.2017)

<http://www.deutsche-mediziner-auskunft.de/index.php?id=576> (Abruf: 25.10.2017)

<https://www.apotheken-umschau.de/diagnose/mrt> (Abruf: 26.10.2017)

<https://www.lifeline.de/diagnose/mrt-kernspintomographie-id31498.html>
(Abruf: 26.10.2017)

https://hpi.de/fileadmin/user_upload/fachgebiete/meinel/papers/Old_Source/TR_Med_Bildverarbeitung.pdf (Abruf: 28.10.2017)

<https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/gesundheit-und-mensch/medizinische-bildgebung-fakten-und-prognosen.html>
(Abruf: 30.10.2017)