

Seminararbeit
im Interdisziplinären Lehrangebot des
Instituts für Informatik

Digitaler Wandel in der Medizin
elektronische Patientenakte und OP der Zukunft

Christoph Georgi
Matrikel-Nummer 3728331

Betreuer Prof. Hans-Gert Gräbe
Ken Pierre Klemann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Elektronische Gesundheits- und Patientenakte	2
2.1	Einführung der elektronischen Patientenakte	2
2.2	Technische Funktionsweise der elektronischen Patientenakte	3
2.3	Wandel zur elektronische Patientenakte aus Sicht der einzelnen Akteure . .	4
2.3.1	Medizinerinnen und Medizinern	4
2.3.2	Krankenkasse	5
2.3.3	Patientinnen und Patienten	6
2.4	Autonomie der Patientin bzw. des Patienten über ihre bzw. seine Daten . . .	7
2.4.1	Technische Umsetzung	8
2.4.2	Technisch notwendige Kompetenzen	8
2.4.3	Verantwortung der Patientin bzw. des Patienten	9
3	Digitaler Wandel im OP	11
3.1	Aktuelle Errungenschaften moderner OP-Säle	11
3.1.1	Automatisierung von einzelnen Arbeitsschritten	11
3.1.2	Bildgebende Verfahren	12
3.1.3	Navigation	13
3.2	Aktuelle Herausforderungen	14
3.3	Aktuelle Forschung	15
3.3.1	Vernetzung von Medizingeräten	15
3.3.2	Workflow-Management-Systeme in der Medizin	16
	Literaturverzeichnis	18

1 Einleitung

Der Begriff des "digitalen Wandels" in der Medizin beschreibt einen fortlaufenden Veränderungsprozess der eingesetzten Mittel und Technologien, um eine bessere, kosteneffizientere sowie nachhaltigere Gesundheitsversorgung zu erreichen. Dabei sollen zukünftig immer mehr Akteure und Informationsgeber miteinander vernetzt werden. Dies ermöglicht eine verbesserte Auswertung der gewonnenen Daten, unter anderem durch den Einsatz von Workflow-Managementsystemen und/oder künstlicher Intelligenz zu immer präziseren Informationen. Eine solche Vernetzung findet je nach Anwendungsgebiet in unterschiedlichen Bereichen der Medizin statt, wovon zwei im Rahmen dieser Seminararbeit vorgestellt werden.

Die für die Patientin bzw. den Patienten offensichtlichste digitale Entwicklung der kommenden Jahre wird im Bereich der elektronischen Speicherung und Zentralisierung der Gesundheitsdaten der Patientin bzw. des Patienten liegen. Durch eine elektronische Patientenakte sollen Gesundheitsinformationen standardisiert und einfacher für Patienten und Mediziner zugänglich gemacht werden.

Eine weiterer Wandel vollzieht sich in der Vernetzung der medizinischen Gerätschaften. Hierbei stehen medizinische Prozesse bzw. operative Arbeitsschritte sowie ihre Automatisierung in sogenannten Workflow-Management-Systemen im Mittelpunkt. Im zweiten Teil dieser Seminararbeit soll auf herstellerübergreifende Standards für zukünftig Medizingeräte und -software eingegangen werden. Ziel hierbei ist, eine Interoperabilität der medizinischen Gerätschaften zu erreichen. Dies soll unter anderem ermöglichen den aktuellen Arbeitsschritt innerhalb einer Operation zu erkennen. Diese Informationen können anschließend verwertet werden, um die genutzten Medizingeräte zum aktuellen bzw. nächsten Arbeitsschritt zu konfigurieren und notwendige Daten prominent zu visualisieren. So können der Ärztin bzw. dem Arzt die zu erwartende kommenden Schritte angezeigt sowie die restliche OP dauer zu geschätzen und ein optimiertes Ressourcenmanagement vorgenommen werden.

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

2.1 Einführung der elektronischen Patientenakte

Durch die Einführung einer elektronischen Patientenakte soll die Problematik gelöst werden, dass Patientendaten nicht zeitnah für eine behandelnde Ärztin bzw. einen behandelnden Arzt zugänglich sind. Auch heute schon werden die Daten elektronisch aufgenommen, gespeichert und verwaltet. Dies findet jedoch in der Infrastruktur statt, in welcher die Patientin bzw. der Patient zuvor behandelt wurde. Es existiert dabei kein automatischer Austausch der gewonnenen Erkenntnisse, zum Patienten zwischen den Medizinerinnen und Medizinern. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass Patienteninformationen auf unsicheren Kanälen, wie WhatsApp oder Facebook, unter den Medizinern ausgetauscht wurden [Är18]. Besonders in zeitkritischen Fällen, sind aufwändige Anfragen bereits vorhandener Patientendaten in externen Infrastrukturen nicht möglich. Dies führt zu überflüssigen Mehrfach-Untersuchungen, welche die Gesundheit der Patientin bzw. des Patienten beanspruchen und unnötige Kosten verursachen. Daher führt eine durch den Mediziner jederzeit einfach zugängliche, standardisierte Patientenakte zu einer besseren und effektiveren Behandlung.

Bereits im Jahr 2004 wurde mit der Schaffung der elektronischen Patientenkarte eine Grundlage für die elektronische Patientenakte gelegt. Mit dem 2016 in Kraft getretenen E-Health-Gesetz [e-h] wurde dann auch ein Fahrplan für die Einführung einer solchen Akte und weiterer digitaler Infrastruktur festgelegt. Dies beinhaltet unter anderem einen elektronischen Arztbrief, ein elektronisches Patientenfach und einen elektronischen Medikamentenplan. Ziel war dabei ein "Gesetz für sichere digitale Kommunikation und Anwendungen im Gesundheitswesen" [e-h]. Die elektronische Patientenakte soll bis 2021

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

schrittweise eingeführt werden [Mar18]. Ab 2019 sollen demnach Anspruch auf eine Speicherung wichtige elektronische Dokumente wie Arztbriefe, Medikationsplan, Notfalldatensatz, Impfausweis und weitere bestehen. Die Ärztinnen und Ärzte sind in diesem Zusammenhang gesetzlich verpflichtet die Behandlungsdaten in die elektronische Patientenakte einzupflegen.

Die Einführung wird von den Gesundheitsakten begleitet. Diese stellen dabei Vorstufen dar, welche bereits von den Krankenkassen entwickelt werden. Bei diesen ist die Ärztin bzw. der Arzt nicht zu Eintragungen verpflichtet, doch können seitens der Krankenkassen, en sowie der Ärztinnen und Ärzte erste Erfahrungen gemacht werden.

2.2 Technische Funktionsweise der elektronischen Patientenakte

Bei der elektronischen Patientenakte handelt es sich um einen zentralen Speicher für die Gesundheitsdaten der Patientin bzw. des Patienten. Hierfür wird an neuen sicheren Speichermöglichkeiten geforscht [Med18]. Die Daten werden durch die Ärztinnen und Ärzte eingepflegt und können jederzeit vom Patienten eingesehen, um Eintragungen ergänzt bzw. vollständig oder teilweise gelöscht werden. [Mar18]. Die Inhalte sollen dabei verschlüsselt gespeichert werden. Der Schlüssel der Patientin bzw. des Patienten ist auf der elektronischen Patientenkarte gespeichert. Weiterhin ist geplant, den Zugang auch über Smartphone und Tablet zu ermöglichen [Wil]. Der Zugang der Ärztin bzw. des Arztes auf die Akte benötigt neben der elektronischen Patientenkarte auch den Praxisausweis der Ärztin bzw. des Arztes [heia]. Dabei soll die Patientin bzw. der Patient der Ärztin bzw. dem Arzt auch temporäre Zugriffsberechtigungen einräumen können. So kann dieser auch ohne Anwesenheit des Klienten Eintragungen vornehmen. Dies soll zum einen die Telemedizin und zum anderen das Einpflegen wichtiger Dokumente, wie beispielsweise Laborwerte, im Nachgang des Behandlungstermins zu ermöglichen.

2.3 Wandel zur elektronische Patientenakte aus Sicht der einzelnen Akteure

2.3.1 Medizinerinnen und Medizinern

Bereits heute wird an die Ärzteschaft die Anforderung, eines rutinierten Umgangs mit der in der Praxis bzw. Krankenhaus vorhandenen digitalen Infrastrukturen gestellt. Die Einführung der elektronische Patientenakte kann kurzfristig zu einem Mehraufwand und doppelter Dokumentation durch die Ärztin bzw. den Arzt führen. Dies begründet sich darin, dass die Integration der elektronische Patientenakte in die bestehenden Infrastrukturen 2021 nicht vollständig vollzogen sein wird. Das bedeutet die Ärztin bzw. der Arzt wird seine Resultate mit verschiedener Software in die elektronische Patientenakte und in die eigenen internen Strukturen einpflegen müssen. Die Definition einer standardisierten Schnittstelle für den Datenaustausch mit der Patientenakte wird mittelfristig ermöglichen, dass die internen digitalen Infrastrukturen automatisch die Daten auch in die elektronische Patientenakte überführen werden.

Um eine zentrale Patientenakte schaffen zu können, ist es notwendig, dass die Patientendaten auch in einem standardisierten Format gespeichert werden. Dies kann ebenfalls kurzfristig die Anforderung an die Medizinerin bzw. den Mediziner stellen, die Erkenntnisse im vorgegebener Form zu dokumentieren. Mittelfristig erleichtert dies aber auch die Auswertung der Patientendaten. Werden diese Daten vom Patienten für klinische Studien freigegeben, kann dies auch die Verwertbarkeit der Daten für diese Studien imens verbessern.

Mit dem gleichen Mehraufwand für die Ärztin bzw. den Arzt wird auch die freiwillige Pflege von elektronischen Gesundheitsakten steigen. Hierbei wäre es aber möglich, dass die Gesundheitsakten die gleichen Schnittstellen implementieren und so ebenfalls den Zugriff standardisieren.

Ein Risiko für die Ärztin bzw. den Arzt zeigte sich bereits bei ersten Erfahrungen mit den Ende 2018 erschienenener Gesundheitsakten. Da die Speicherung nicht in der interenen Infrastruktur geschied, müssen die Daten über ein externes Netz kommuniziert werden. Diese Übertragung ist angreifbarer. Besonders der Einsatz von standardkonfigurierten Browsern

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

kann Gefahren bergen. So war es bei der Gesundheitsakte Vivy möglich Daten über App-Interne Fishing-Mail und Cross Site Scripting abzugreifen [Heg18]. Einem Mediziner wird es nur schwer gelingen sollte Angriffe selbstständig zu erkennen und abzuwenden. Daher muss die Anwendung unabhängig der Konfiguration der genutzten Infrastruktur der Ärztin bzw. des Arztes vor diesen Angriffen sicher sein. Besonders kleinere Praxen ohne entsprechende Systemadministration sind auf angriffsresistente und nutzerfreundliche Clients für die elektronische Patientenakte angewiesen.

Langfristig ermöglicht die Standardisierung der aufgenommenen Gesundheitsdaten die Entwicklung von Assistenzsystemen für das medizinische Personal, welche Diagnosen und Therapien vorschlagen oder Therapieverläufe optimieren können. Dies könnte das Berufsbild des Allgemeinmediziners, welcher in erster Linie Daten aufnimmt und zu einer Diagnose verarbeitet, gänzlich wandeln.

2.3.2 Krankenkasse

Die Krankenkassen investieren selbst viel Zeit und Geld in die Entwicklung der elektronischen Patientenakte. Dabei verfolgen sie insbesondere das Ziel unnötige doppelte Behandlungen zu vermeiden. Dies schont die Patientin bzw. den Patienten und bringt erhebliche Einsparungen und ermöglicht den Krankenkassen eine effektivere Arbeit in der allgemeinen Gesundheitsversorgung. Für die Krankenkasse wäre das größte Risiko bei der Entwicklung einer elektronische Patientenakte, dass diese von den anderen Akteuren abgelehnt wird und so die Investitionen umsonst seien. Die Ärztinnen und Ärzte sind durch das E-Health-Gesetz gesetzlich verpflichtet, die elektronische Patientenakte zu pflegen. Wenn aber das Vertrauen der einzelnen Patientinnen und Patienten in die elektronische Patientenakte gestört ist, wird diese nutzlos werden. In dem Fall würde die Patientin bzw. der Patient keine Gesundheitsdaten in die elektronische Patientenakte einspeichern lassen.

Was leider an dieser Stelle kein Vertrauen schaffen wird, sind Versuche die Patienten zur Nutzung der Patientenakte zu zwingen und eventuelle Bedenken als Unsinn abzuwerten. So geschehen in einem Artikel der Welt vom 26.11.2018:

“Der Patient muss wissen, dass Datenmissbrauch sowohl strafbar als auch enorm schwer durchzuführen ist. Wer sich der eGA bei erfolgreicher Imple-

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

mentierung trotz jeglicher Sicherheitsvorkehrungen verweigert, sollte zwar zunächst keinen spürbaren Qualitätsverlust der Behandlung per se erleiden, käme aber auch nicht in den Genuss eines schnelleren und bequemeren Behandlungsablaufs. Längerfristig muss man allerdings damit rechnen, dass mangelndes Vertrauen mit Einbußen in der Behandlungsqualität vergolten wird.“ [Abu]

Den Krankenkassen muss eine technische Umsetzung gelingen, welche der Patientin bzw. dem Patienten einen deutlichen Nutzen bringt und ihre Daten bestmöglich schützt. Unter dem Aspekt der Transparenz zu der Patientin bzw. dem Patienten ist dabei die eine gute Lösung eine Open-Source Anwendung zur Bedienung der elektronischen Patientenakte. So ist Sicherheitsforscherninnen und Sicherheitsforschern die Möglichkeit gegeben, schneller und einfacher Sicherheitslücken zu finden, die Entwicklerinnen und Entwickler darauf aufmerksam machen zu können und diese auch zu schließen.

2.3.3 Patientinnen und Patienten

Für die Patientin bzw. den Patienten, wird die elektronische Patientenakte den deutlichsten Wandel mit sich bringen. Ein perfekt sicheres System für die Gesundheitsdaten wird es nie geben [Mon]. Da es sich um sehr sensible persönliche Daten handelt, ist der Schaden bei Verlust dieser Daten der Patientin bzw. dem Patienten am gravierendsten. Veröffentlichte Patientendaten können zu Datenmissbrauch und Diskriminierung führen.

Patientendaten sind auch nach langer Zeit noch mit einer starken Aussagekraft versehen. Eine Patientin bzw. ein Patient, dessen Krankengeschichte und aktuelle Medikamentenliste veröffentlicht wurde, kann so beispielsweise auf dem Arbeitsmarkt benachteiligt werden. Dies kann je nach pathologischer Vorgeschichte in Extremfällen existenzbedrohende Auswirkungen haben, da gegen eine solche Deskriminierung durch veröffentlichte Patientenakten nur schwer beweiskräftig vorgegangen werden kann. Aber auch im alltäglichen Arbeitsverhältnis, sollten Arbeitskraftbezieher nicht in Versuchung kommen können, sich über den Gesundheitsstatus der Mitarbeiterin bzw. des Mitarbeiters zu informieren. Auch in weiteren wirtschaftlichen Bereichen wie Kreditvergabe, Versicherungsverträgen und allgemeinen Geschäftsbeziehungen, können sich veröffentlichte Patientenakten schädlich auswirken.

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

Im Gegensatz dazu kann die elektronische Patientenakte für die Patientin bzw. den Patienten Vorteile mit sich bringen. Zum einen kann sie bzw. er durch sinkende Beiträge an einer kosteneffizienteren Gesundheitsversorgung finanziell profitieren. Zum anderen werden wiederholte Behandlungen vermieden, welche den Organismus der Patientin bzw. des Patienten belasten könnten. Dies wären beispielsweise radiologische Aufnahmen. Das würde im Falle von Röntgenaufnahmen und Computertomographien die Strahlenbelastung für die Patientin bzw. den Patienten minimieren. Auch könnte eine Ärztin bzw. ein Arzt mit einer umfangreicheren Übersicht über die pathologische Vorgeschichte der Patientin bzw. des Patienten eine bessere und individuelle Therapie erstellen.

Darüber hinaus könnte die Teilnahme an klinischen Studien für die Patientin bzw. den Patienten leichter gestaltet werden, da sie bzw. er die notwendigen Daten einfach freigeben könnte. Allgemein könnte allein ein standardisiertes Format für die Patientendaten klinische Studien vereinfachen.

Der gesellschaftlich größte Wandel, welchen eine elektronische Patientenakte für die Patientinnen und Patienten mit sich bringt, ist die Autonomie über Daten. Dieser Punkt wird im folgenden Abschnitt genauer beleuchtet.

2.4 Autonomie der Patientin bzw. des Patienten über ihre bzw. seine Daten

Gesundheitsdaten sind Teil der intimen Privatsphäre eines Menschen. Um diese zu schützen muss die Patientin bzw. der Patient selbst frei über seine Daten entscheiden können. Ihr bzw. ihm muss ein sehr einfacher und intuitiver Zugriff auf die Daten ermöglicht werden. Der selektive bis vollständige Zugriff auf die Daten muss durch die Patientin bzw. den Patienten autorisiert werden. Die Autonomie der Patientin bzw. des Patienten stellt dabei ein hohes Ziel dar, welches technisch nur schwer erreichbar ist und fordert zudem, von seitens der Patientin bzw. des Patienten, ein großes Maß an Verantwortung und grundlegende technische Kompetenzen beim Umgang mit den Gesundheitsdaten und der Software.

2.4.1 Technische Umsetzung

Die Gefahren des Verlustes der Gesundheitsdaten wurde bereits im vorherigen Kapitel angesprochen. Daher müssen die Daten verschlüsselt gespeichert werden. Dabei stellt sich die Frage, wie die Ver- und Entschlüsselung umgesetzt werden sollte. Für die vollständige Autonomie der Patientin bzw. des Patienten über seine Gesundheitsdaten, dürfen diese nur durch die Patientin bzw. den Patienten entschlüsselt werden können. Nur so kann verhindert werden, dass ohne sein Wissen und Zustimmung auf die Daten zugegriffen werden kann. Für die Entschlüsselung der Daten, ist der benötigte Schlüssel eine Passphrase oder er wird auf einem Speichermedium, wie der elektronischen Patienkarte, Smartphone, Tablet o.ä. als Zertifikat gespeichert.

Die Problematik bei einem solchem Vorgehen ist zum einen, dass ein Verlust der Zugangsdaten auch einen Verlust der gesamten elektronischen Patientenakte bedeutet. Zum Anderen würde eine solche Verschlüsselung auch den Zugriff der der behandelnden Ärztin bzw. des behandelnden Arztes auf die Akte verhindern, wenn sich die Patientin bzw. der Patient in einer Notlage befindet und nicht aktiv der Medizinerin bzw. dem Mediziner den Zugriff gewähren kann. Bei Bewusstlosigkeit oder im Schockzustand, kann die Patientin bzw. der Patient möglicherweise eine Passphrase nicht nennen oder er hat das benötigte Speichermedium mit dem Schlüssel zur Akte nicht bei sich oder dieses ist defekt.

Für diesen Fall muss die Autonomie der Patientin bzw. des Patienten eingeschränkt werden. Das bedeutet, dass ein Datensatz mit allen im Notfalle benötigten Daten auch ohne seine aktive Zustimmung zugänglich sein muss.

2.4.2 Technisch notwendige Kompetenzen

Von einem technischen Wissen sollte beim Anwender nicht ausgegangen werden. Daher muss eine Nutzerin bzw. ein Nutzer der elektronischen Patientenakte davon ausgehen, dass diese eine sehr starke Verschlüsselung besitzt und selbst keine Fehler aufweist, die Unbefugte ausnutzen können. Sollte dies nicht der Fall sein, sollte es in der Verantwortung staatlicher und nicht staatlicher Institutionen liegen, darauf aufmerksam zu machen und die Fehler zeitnah zu beheben. Notfalls muss die Nutzung unterbunden werden, sollte ein erhebliches Gefährdungsrisiko der Patientendaten gegeben sein. Es konnte in der

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

Quellenrecherche keine Information gefunden werden, auf welche Weise der Nutzer der einzelnen Patientenakte informiert werden soll.

Die Autonomie über die eigenen Gesundheitsdaten bedeutet auch viel Verantwortung und ein gewisses Maß an Kompetenzen beim Umgang mit der Patientenakte, um seine Daten vor ungewünschten Zugriffen zu schützen. Der Umgang mit der Patientakte soll über entsprechende Apps auf privaten Smartphones und Computern möglichen sein. Dies birgt jedoch Risiken [heib]. Wenn die ausführende Hardware unsicher oder mit Schadsoftware infiziert ist, kann dies zu unbefugten Zugriff führen. Auch sollte dem Anwender bewusst sein, dass er in öffentlichen bzw. unbekanntem Netzwerken es vermeiden sollte auf seine elektronische Patientenakte zuzugreifen. Dies vermeidet Angriffsszenarien, wie einen "Man-in-the-Middle". Ebenso muss die Patientin bzw. der Patient sich mit der Software vertraut machen, um offensichtlichere "Fishing-Nachrichten" erkennen zu können und seine Daten nicht abgreifen zu lassen.

Das notwendige technische Verständnis ist vergleichbar mit der notwendigen Fähigkeit das eigene private E-Mail Postfach, Chatverläufe und Ähnliches vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Die illegalen Veröffentlichungen privater Daten von Prominenten, Politikern und Privatpersonen zeigt, dass es Angreifern immer wieder gelingt an intimste Daten zu kommen. Neben technischen Sicherheitslücken führen auch nicht genutzte Sicherheitsoptionen (wie z.B. Zwei-Faktor-Authentifizierung), unsichere Passwörter oder das "Überlisten" bzw. "Täuschen" durch Fishing-Methoden zum Verlust der Daten.

2.4.3 Verantwortung der Patientin bzw. des Patienten

Zunächst muss die Patientin bzw. der Patient selbst verstehen, wie kritisch und sensible seine Gesundheitsdaten für ihn sind und welche Konsequenzen es haben kann, wenn er unseriösen Personen den Zugang zu seiner elektronischen Patientenakte erlaubt.

Der Vorsitzende der Kassenärztliche Bundesvereinigung meinte hierzu:

"Was Patienten mit ihrer Akte machen, kann dann nicht mehr in der Verantwortung der Ärztin bzw. des Arztes sein. Das ist die Hoheit der Patientin bzw. des Patienten. Ob er es in den Tresor legt, bei Facebook postet, oder beim Kegelnabend mit seinen Freunden teilt, muss jeder selbst entscheiden." [heib]

2 Elektronische Gesundheits- und Patientenakte

Die Abwegung, welche Information in der elektronischen Patientenakte gespeichert werden und welche nicht, liegt der Patientin bzw. beim Patienten. Es gibt immer ein Restrisiko, dass Daten aus einer elektronischen Patientenakte verloren gehen. Verzichtet eine Patientin bzw. ein Patient jedoch gänzlich auf die Benutzung der elektronischen Patientenakte, so kann diese die Qualität der eigenen Gesundheitsversorgung nicht verbessern.

3 Digitaler Wandel im OP

Es gibt viele Bereiche der Medizin, in denen sich ein digitaler Wandel vollzieht. Eine besondere Bedeutung hat dabei die Vernetzung bereits vorhandener Technologien. Dies ermöglicht ein effizienteres Arbeiten und komplexere Problemlösungen. In diesem zweiten Teil dieser Seminararbeit soll dies am Beispiel des vernetzten OP gezeigt werden. Hierzu wird zunächst auf die bereits vorhandenen Entwicklungen eingegangen, um dann die Chancen von vernetzten Medizingeräten zu beleuchten.

3.1 Aktuelle Errungenschaften moderner OP-Säle

Bis ein Medizingerät in einem Operationssaal an der Patientin bzw. am Patienten zum Einsatz kommt, vergehen viele Jahre der Entwicklung, Risikoanalyse und Validierung. So wird die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Medizingeräte garantiert. Dadurch ist der technische Stand in einem OP nicht vergleichbar mit den Technologien, welche in weniger kritischen Bereichen zum Einsatz kommen. Einmal gebaut und eingerichtet vollbringt ein OP meist über 20 Jahre seine Leistung, ohne eine grundsätzliche Modernisierung zu erfahren. Ein neu gebauter OP-Saal unterscheidet sich daher imens in den technologischen Möglichkeiten, die sich für die Medizinerinnen und Mediziner bieten.

Für die digitale Vernetzung von Technologien bieten sich besonders die folgenden Entwicklungen an.

3.1.1 Automatisierung von einzelnen Arbeitsschritten

In einer Operation sind eine Vielzahl von monotonen sich wiederholenden Arbeitsschritten notwendig. Diese sind beispielhaft: das Beatmen eines Patienten, regelmäßige bio-

3 Digitaler Wandel im OP

metrische Messungen oder das Umlagern der Patientin bzw. des Patienten. Diese vergleichsweise einfachen Aufgaben konnten sehr gut automatisiert werden. So versorgt ein Beatmungsgerät die Patientin bzw. den Patienten mit Sauerstoff. Ein Pulsoximeter meldet, wenn die Sauerstoffsättigung oder der Pulsdruck in kritische Bereiche kommen. Genauso ermöglicht ein elektrischer Operationstisch mit der Kraft von Servomotoren den Patienten in die für die Operation optimale Lage zu bringen. So konnten bereits eine Vielzahl von Arbeitsschritten innerhalb einer Operation von Maschinen übernommen werden.

3.1.2 Bildgebende Verfahren

Mit der Entwicklung der Radiographie wurde es möglich den Körper der Patientin bzw. des Patienten mit verschiedenen Verfahren zu durchleuchten und so ohne invasiver Operationsmethoden innere Bereiche zu begutachten. So können bessere Diagnosen getroffen und Eingriffe präziser vorbereitet sowie durchgeführt werden. Die verschiedenen Technologien unterscheiden sich darin, welche Körperbereiche dargestellt werden können, den Kosten entstehen und wie verträglich diese für den Körper der Patientin bzw. des Patienten sind.

Das bekannteste Verfahren ist das Bestrahlen mit Röntgenstrahlen. Diese Strahlung durchleuchtet den Körper und je nachdem mit welchen Stoffen die Strahlung interagiert, kommt es zu verschiedenen starker Absorption. Weiches Gewebe lässt dabei die Strahlung hindurch während dichtere Strukturen dies verhindern. So können auf einem Schirm innere Strukturen des Körpers sichtbar gemacht werden. Ein Röntgenbild kann besonders dichte Gewebe gut darstellen. Das Verfahren ist dabei sehr kostengünstig und leicht einsetzbar. Da es sich jedoch bei Röntgen-Strahlung um eine ionisierende Strahlung handelt, bringt diese Behandlung eine Belastung des Körpers mit sich. So dass eine Patientin bzw. ein Patient nur einer bestimmte Dosis dieser Strahlung ausgesetzt werden kann.

Die Computertomographie ermöglicht 3D-Modelle des Körperinneren. Dabei nutzt diese eine Vielzahl von einzelnen Röntgenbildern, welche in verschiedenen Winkeln und Positionen angefertigt werden. Anschließend wird die Absorption eines jeden dreidimensionalen Voxels (Zelle) errechnet. Die einzelnen Absorptionswerte können Stofflichkeiten zugeordnet werden. So kann nicht nur das Skelett der Patientin bzw. des

3 Digitaler Wandel im OP

Patienten dreidimensional betrachtet werden, sondern auch weitere komplexe Strukturen.

Bei der Sonographie werden Schallwellen in den Körper geleitet und anschließend die Reflexionen visualisiert. Dies ermöglicht ein sehr schonendes Betrachten von nicht tief-liegenden inneren Strukturen. Diese Strukturen können dabei über einen Zeitraum beobachtet werden. So ist eine Untersuchung des schlagenden Herzens oder des Fötus möglich.

Die Magnetresonanztomographie stellt besonders gut weiches Gewebe und Organe dar. Diese Technologie nutzt die Kernspinnresonanz von Wassermolekülen, um dreidimensionale Bilder des Körpers zu errechnen. Eine solche Behandlung ist weit weniger belastend, als das Röntgen. Das Verfahren ist jedoch sehr kostenintensiv.

3.1.3 Navigation

Die Navigation ist bereits eine Vernetzung von Technologien. Dabei werden Trackingmethoden mit bildgebenden Verfahren kombiniert, um im Körper der Patientin bzw. des Patienten zu navigieren.

Hierfür wird zunächst ein dreidimensionales Bild vom Körper der Patientin bzw. des Patienten angefertigt. Dieses fungiert als eine Art Landkarte. Während der Operation wird dieses Bild mit der Lage der Patientin bzw. des Patienten im Raum synchronisiert. Hierfür wird im OP-Saal ein dreidimensionales Koordinatensystem aufgespannt. Optische Sensoren ermöglichen der Ärztin bzw. dem Arzt das Registrieren der Lage der Patientin bzw. des Patienten im Raum. Diese Registrierung muss dabei nur für den Operationsbereich im Körper eine hohe Genauigkeit aufweisen. So können Marker an der Patientin bzw. am Patienten befestigt werden, welche auch auf der 3D-Abbildung der Patientin bzw. des Patienten erkennbar sind. So werden anschließend die Position der Marker übereinandergelegt.

Neben der Registrierung der Patientin bzw. des Patienten, müssen auch die eingesetzten Werkzeuge getrackt werden. Dies ist zum einen mit optischen Sensoren möglich. Dabei werden Reflektoren am Werkzeug befestigt, welche in verschiedenen Winkeln in Form eines Sternes vom Gerät ragen und so eindeutig von Kameras erfasst und ihre Koordinaten im Raum errechnet werden. Zum anderen ist auch ein elektromagnetisches

3 Digitaler Wandel im OP

Tracking über Sensorspulen möglich. Sowie ein Tracking über mechanische Größen, indem von einem bekannten Punkt außerhalb der Patientin bzw. des Patienten die Strecken und Winkel des Werkzeuges gemessen werden und so dessen Lage im Körper der Patientin bzw. des Patienten berechnet. Der bekannte Punkt kann dabei eine Befestigung an einem Fixpunkt im Koordinatensystem sein oder ein Punkt der optisch getrackt wird.

Die Navigation ermöglicht es anschließend genau zu verfolgen, wo sich die Medizinerin bzw. der Mediziner mit seinem Werkzeugen im Körper der Patientin bzw. des Patienten befindet und wie weit er von kritischen Strukturen entfernt ist. Dies ermöglicht eine minimalinversive Chirurgie, bei der die Zugänge möglichst klein gehalten werden, um so das Trauma zu minimieren. Je kleiner die zugefügten notwendigen Verletzungen für den Körper während der Operation sind, desto schneller kann die Genesung ausfallen. Durch eine sehr genaue Navigation, können vorhandene Körperöffnungen genutzt werden und so Operationen durchgeführt werden, ohne dabei die schützende Hautbarriere zu verletzen.

3.2 Aktuelle Herausforderungen

Viele der im OP anfallenden Aufgaben können bereits automatisiert werden. Weitere Operationsschritte werden erst durch entsprechende Medizingeräte ermöglicht. Die Geräte werden dabei immer fortschrittlicher in ihren Einsatzgebieten. Problematisch ist jedoch, dass diese nicht miteinander über einen herstellerübergreifenden Standard vernetzt sind. Dies führt zu einer Vielzahl von einzelnen Bedienelementen und Anzeigen. Der Datentransport muss teilweise händisch durch Neueingaben oder über Speichermedien, wie USB-Sticks, erfolgen. Die Geräte können nicht von einer einzelnen Person oder von einer zentralen Stelle aus kontrolliert und gesteuert werden. Das kann zu unergonomischen Haltungen führen. So zum Beispiel, wenn der Monitor für eine Sonographie das Bild hinter der behandelnden Ärztin bzw. dem behandelten Arzt wiedergibt. Da jedes Medizingerät über eigene Alarme verfügt und diese parallel und unkoordiniert kritische Werte melden, kann dies zu einer Alarmmüdigkeit führen. Dabei werden ungewohnte Alarme abgeschaltet.

Medizingeräte, welche Daten austauschen sollen, müssen aktuell vom gleichen Hersteller

3 Digitaler Wandel im OP

stammen. Dies führt dazu, dass ein OP-Saal meist Geräte von nur wenigen oder auch nur einem Hersteller besitzt. So kann ein Gerät eines anderen Herstellers nicht in das bestehende System eingebunden werden. Wird diese Vernetzung seitens des Krankenhauses geschaffen, so würde das Krankenhaus selbst zum Medizinproduktehersteller und käme in die Haftung. Daher werden diese Geräte dann nicht in dem OP zum Einsatz kommen. Besonders problematisch ist dies, wenn der Hersteller der vorhandenen Systeme das benötigte Medizinprodukt nicht herstellt.

Diese kann mit einem herstellerübergreifenden Netzwerkstandard für Medizingeräte behoben werden. Daher ist die Vernetzung der Medizingeräte der nächste große Entwicklungsschritt im digitalen Wandel des OPs.

3.3 Aktuelle Forschung

In diesem Abschnitt soll im Rahmen dieser Arbeit auf zwei aktuelle Forschungsgebiete in der Medizin eingegangen werden, welche im Operationssaal zum Einsatz kommen. Dies sind zum einen die Vernetzung der Medizingeräte und zum anderen die Entwicklung von Workflow-Management-Systemen.

3.3.1 Vernetzung von Medizingeräten

Aktuell ist die Vernetzung des Operationssaal gemeinsam mit der Krankenhausinfrastruktur ein großes Forschungsgebiet. Es werden neue Anwendungsmöglichkeiten der vorhandenen Technologien eröffnet. Bei der Vernetzung ist es das Ziel eine Interoperabilität der medizinischen Geräte zu ermöglichen. Interoperabilität bedeutet dabei:

“Interoperabilität bezeichnet die Fähigkeit von Systemen, Einheiten oder Organisationen Dienste zur Verfügung zu stellen und Dienste anderer Systeme, Einheiten oder Organisationen zu nutzen. Durch das effiziente Zusammenspiel dieser Dienste wird die Effektivität der Zusammenarbeit gesteigert. Der Austausch von Daten und Informationen ist in diesem Zusammenhang ebenso wie die Zusammenarbeit von Organisationen unter den Dienstleistungen

3 Digitaler Wandel im OP

subsummiert. Damit bildet die Interoperabilität ein Maß für den Grad der Zusammenarbeit.“ [Dr.-Ing. Rainer Schönbein]

Dies Forschung findet beispielsweise im OR.NET Projekt statt [OR.]. Bei diesem wird der Open Surgery Communication Standard entwickelt, welcher herstellerübergreifend die Medizingeräte dezentral vernetzen soll. Dabei bietet jedes davon eigene Services an, welche von anderen Geräten angefordert bzw. in Anspruch genommen werden. Hierfür ist eine semantische Beschreibung der Geräte, der angebotenen Services und sowie der ausgegebenen Werte notwendig. Dadurch können ohne übergeordnete Instanz neue digitale Medizinprodukte in das Netzwerk eingebracht werden. Ebenso kann ein Medizingerät einen benötigten Service im Netzwerk erfragen. Sofern dieser Vorhanden ist, wird sich ein entsprechender Netzwerkteilnehmer mit diesem Service beim Anfragenden melden.

Dies ermöglicht Medizingeräte als Teil des Netzwerks zu konstruieren, welche die Informationen mehrerer Geräte verdichten, nach aktueller Relevanz für die Medizinerin bzw. den Mediziner filtern und nutzerfreundlich wiedergeben. Ebenso können Steuereinheiten ihre Eingaben nach aktueller Situation mit den benötigten Services verbinden und so der Ärztin bzw. dem Arzt ermöglichen mit einem Gerät alle Anderen im Netzwerk zu bedienen.

Weiterhin unterstützt die Vernetzung die Einsatzmöglichkeiten der Robotik und Telemedizin im OP-Saal. Da für beide Forschungsbereiche eine schnelle und einfache Datenverteilung essenziell ist. Eine Medizinerin bzw. Mediziner, welcher sich physisch nicht beim Patienten aufhält, ist darauf angewiesen, dass er über das Netzwerk an alle notwendigen Daten gelangt und verschiedenste Medizingeräte und Werkzeuge bedienen kann.

3.3.2 Workflow-Management-Systeme in der Medizin

Ein Workflow-Management-System ist allgemein wie folgt definiert:

“A system that completely defines, manages and executes “workflows“ through the execution of software whose order of execution is driven by a computer representation of the workflow logic.” [wfm]

3 Digitaler Wandel im OP

Ein Workflow beschreibt die Automatisierung eines Prozesses, was im Kontext des OPs eines Prozess bzw. eines Arbeitsschritt während einer Operation entspricht. Ein Workflow-Management-Systeme koordiniert gemeinsam mit der Medizinerin bzw. dem Mediziner in echtzeit und situationsangepasst die aktuell ablaufenden und zukünftig möglichen Operationsschritte. Dabei wird der Ärztin bzw. dem Arzt visualisiert, wo er sich in einem regulären Ablauf der jeweiligen OP befindet. Die Entscheidung welcher Schritt folgt, liegt bei der Ärztin bzw. beim Arzt. Das System erkennt je nach Handlung der Ärztin bzw. des Arztes den nächsten angefangenen Behandlungsschritt. Danach plant das System die benötigten personellen und technischen Ressourcen und verwaltet die Klinikdaten. Durch das Workflow-Management-Systeme können Schätzungen der Restdauer einer Operation berechnet werden. Dadurch können für den aktuellen OP-Saal die Vorbereitungen für den nächste operative Eingriff getimed werden. Dies kann zu einer bessere Auslastung führen [Fra].

Zudem werden Outliner bei den Operationsverläufen erkannt und verfolgt. Diese Outliner können zur Optimierung der Modelle der Operationsabläufe genutzt werden.

Ein solches Model kann aus zwei unterschiedlichen Herrangehensweisen erstellt werden. Zum einen aus einer hohen Abstraktionsschicht über die medizinische Literatur. Diese enthält Informationen und Erfahrungen aus einer Vielzahl von Beobachtungen und durchgeführten Operationen. Zum anderen können OP-Aufzeichnungen dazu dienen ein Model aus einer niedrigen Abstraktionsschicht herraus zu kreieren. Diese wird voraussichtlich detailreichere Beobachtungen besitzen, jedoch wird eine große Zahl von OP-Beobachtungen benötigt, um im Model allgemeingültige Aussagen treffen zu können

Literaturverzeichnis

- [Abu] Abuba, Chima: *Elektronische Gesundheitsakte: Angst vor Datenmissbrauch hemmt Fortschritt im Gesundheitswesen* - WELT. <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article184471032/Elektronische-Gesundheitsakte-Angst-vor-Datenmissbrauch-hemmt-Fortschritt-im-Gesundheitswesen.html>
- [e-h] *E-Health-Gesetz*. <https://www.bundesaerztekammer.de/aerzte/telematiktelemedizin/earztausweis/e-health-gesetz/>
- [Fra] Franke, Dr. S.: *Surgical Workflow Management for the digital OR*
- [Heg18] Hegemann, Lisa: *Elektronische Patientenakte: Wie sicher sind meine medizinischen Daten?* In: *Die Zeit* (2018), Dezember. <https://www.zeit.de/digital/datenschutz/2018-12/elektronische-patientenakte-medizinische-daten-sicherheit-zweifel-datenschutz>. – ISSN 0044–2070
- [heia] heise, online: *Elektronische Gesundheitskarte: Ärzte wollen den Reset-Knopf drücken*. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Elektronische-Gesundheitskarte-Aerzte-wollen-den-Reset-Knopf-druecken-4053610.html>
- [heib] heise, online: *Elektronische Patientenakte: Kassenärzte fordern Sicherung gegen Manipulation* | heise online. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Elektronische-Patientenakte-Kassenaerzte-fordern-Sicherung-gegen-Manipulation-4259900.html>
- [Mar18] Marschall, Marion: *Elektronische Patientenakte wird stufenweise eingeführt*. <https://www.quintessenz-news.de/elektronische-patientenakte-wird-stufenweise-eingefuehrt/>.
Version: August 2018

Literaturverzeichnis

- [Med18] Medien, Fachbereich Informatik-Kommunikation u.: *Gesundheitsdaten unter Ver-*
schluss. https://www.informatik.tu-darmstadt.de/fb20/aktuelles_fb20/fb20_neuigkeiten/neuigkeiten_fb20_details_133824.de.jsp. Version: November 2018
- [Mon] Montz, Markus: „So sicher wie beim Onlinebanking?“. <https://www.heise.de/select/ct/2019/03/1549009683041077>
- [OR.] OR.Net, e.V.: *OR.NET e.V. – Sichere dynamische Vernetzung im OP*. <http://ornet.org/>
- [wfm] *Workflow-Management-Systeme: Definition & Bestandteile » Entwicklung*. <http://computer.meinwissen.info/workflow-management-systeme-definition-bestandteile/>
- [Wil] Wilkens, Andreas: *Gesundheitsminister will Patientenakte auf Hand-*
dys zugänglich machen | heise online. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Gesundheitsminister-will-Patientenakte-auf-Handys-zugaenglich-machen-4110662.html>
- [Är18] Ärzteblatt, Deutscher Ärzteverlag G. Redaktion Deutsches D. Redaktion Deut-
- sches: Datenschutzgrundverordnung: Ärzte sollten sichere...* <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/95118/Datenschutzgrundverordnung-Aerzte-sollten-sichere-WhatsApp-Alternativen-nutzen>.
Version: Mai 2018