

Einsatz der elektronischen Patientenakte im Operationssaal am Beispiel der HNO- Chirurgie

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. rer. med.

an der Medizinischen Fakultät Leipzig

eingereicht von:

Dipl.-Ing. Christian Dressler

geboren am 09. Januar 1978 in Erlangen

angefertigt am:

Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS)

Universität Leipzig

Betreuer: **Prof. Dr. med. habil. Strauß**

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: **28. Mai 2013**

Bibliographische Beschreibung

Dressler, Christian Rainer

Einsatz der elektronischen Patientenakte im Operationssaal am Beispiel der HNO-Chirurgie

Universität Leipzig, Dissertation

127 S., 87 Lit., 54 Abb., 14 Tab

Referat:

Wenn ein Chirurg heutzutage während der Operation Informationen aus der Patientenakte benötigt, ist er gezwungen, sich entweder unsteril zu machen oder Personal anzuweisen, ihm die entsprechenden Informationen zugänglich zu machen. Aus technischer Sicht ist ein System zur intraoperativen Bedienung und Darstellung sehr einfach zu realisieren. Grundlage dafür ist eine elektronische Patientenakte (EPA), welche beispielsweise softwaregenerierten oder eingescannten Dokumenten verwaltet. Die vorliegende Arbeit widmet sich den folgenden Fragen: Wird ein solches System im Operationssaal sinnvoll genutzt? Welche Methoden zur sterilen Bedienung kommen infrage? Wie muss die grafische Darstellung auf den Operationssaal abgestimmt werden? Kann durch das Implementieren aktueller Kommunikationsstandards auf alle verfügbaren Patientendaten zugegriffen werden?

Dazu wurden in einer ambulanten HNO-Klinik zwei Pilotstudien durchgeführt. In der ersten Studie wurde das erste auf dem Markt befindliche kommerzielle Produkt „MI-Report“ der Firma Karl Storz evaluiert, welches per Gestenerkennung bedient wird. Für die zweite Studie wurde ein EPA-System entwickelt (Doc-O-R), welches eine Vorauswahl der angezeigten Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs traf und mit einem Fußschalter bedient werden konnte. Pro System wurden ca. 50 Eingriffe dokumentiert. Dabei wurde jedes angesehene Dokument und der Nutzungsgrund protokolliert. Die Systeme wurden durchschnittlich mehr als einmal pro Eingriff genutzt. Die automatische Vorauswahl der Dokumente zur Reduzierung der Interaktionen zeigte sehr gute Ergebnisse.

Da das behandelte Thema noch in den Anfängen steckt, wird in der Arbeit am Ende auf die Vielzahl von Möglichkeiten eingegangen, welche bezüglich neuartiger Darstellungsmethoden, Bedienvorrichtungen und aktueller Standardisierungsaktivitäten noch realisiert werden können. Dadurch werden zukünftig auch die Abläufe in der Chirurgie beeinflusst werden.

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Mitarbeitern vom ICCAS und vom IRDC für die ausgezeichnete Zusammenarbeit bedanken.

Besonderer Dank geht an meinen Betreuer, Prof. Dr. Gero Strauß, der mir alle erdenklichen Möglichkeiten geboten hat, um diese Arbeit zu realisieren.

Der größte Dank gilt meiner Frau Irina und meinen Kindern Artur und Elisabeth für ihr Verständnis bezüglich meiner seltenen Anwesenheit zu Hause.

Vorwort

Seit vielen Jahren arbeiten Unternehmen und Wissenschaftler daran, die Gesundheitsversorgung durch den Einsatz moderner Technologien zu verbessern. Dank der Entwicklung neuartiger elektronischer Geräte, Materialien und Verwaltungssoftware haben in vielen Bereichen des Gesundheitswesens sowohl Qualität, als auch Effizienz zugenommen. Möglich waren diese Errungenschaften nur durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Medizinern, Ingenieuren, Informatikern, Natur- und Geisteswissenschaftlern.

Gerade die Zusammenarbeit zwischen Informatikern und Ärzten ist oft nicht einfach. Während Ärzte und Pflegepersonal Interesse an Softwareprodukten haben, die sich an die Arbeitsschritte ihres klinischen Alltags anpassen und ohne aufwändige Schulungen zu bedienen sind, versuchen Informatiker gerne, Probleme ohne Rücksicht auf die praktische Anwendung zu lösen. Den technischen Herausforderungen wird eine deutlich höhere Priorität als der Gebrauchstauglichkeit eingeräumt. Entwickler können sich oft nicht vorstellen, wie viele unterschiedliche technische Systeme Kliniker täglich unter Zeitdruck bedienen müssen und wie wenig Kenntnis eine OP-Schwester über Prozessorarchitekturen oder die Windows-Registry hat. Zudem scheuen die Informatiker das Kliniklicht, während Kliniker in der Hektik ihres Alltags nicht die Zeit finden, Anforderungen an Software und Technik detailliert zu formulieren. Doch nicht nur Techniker und Kliniker können bei der Zusammenarbeit noch viel lernen, auch zwischen den verschiedenen klinischen Disziplinen besteht nicht selten ein Graben, der nicht ausschließlich organisatorischer Natur ist und die gemeinsame Nutzung elektronischer Systeme erschwert.

Die vorliegende Arbeit kann an diesem Sachverhalt nichts ändern, jedoch darauf hinweisen, dass die Interdisziplinäre Arbeit zwischen verschiedenen Berufsgruppen für alle Beteiligten – und das gilt weltweit – eine ganz spezielle Herausforderung ist, die mir persönlich sehr viel Freude bereitet hat.

Großer Dank gilt an dieser Stelle den Ärzten, welche uns Technikern diesen in Deutschland noch recht seltenen Zugang zur Klinik und die Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung ermöglicht haben.

Eine wichtige Methode zur Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten im Operationssaal ist die regelmäßige Analyse der chirurgischen Arbeitsabläufe im klinischen Alltag. Der Autor dieser Zeilen war nicht wenig überrascht von den Schwierigkeiten zu erfahren, Patientendaten während einer Operation anzusehen. Aus technischer Sicht zwar eher unspektakulär, war es doch hoch interessant herauszufinden, wie Chirurgen die Möglichkeit annehmen würden, mehr als nur Teile der Patientenakte während eines Eingriffs in elektronischer Form zur Verfügung zu haben.

Diese Arbeit richtet sich nicht nur an Ingenieure oder Informatiker, sondern ebenso an Ärzte aller chirurgischen Disziplinen. Die Studien wurden in einer ambulanten HNO-Klinik in Leipzig durchgeführt und sind zu diesem Zeitpunkt einzigartig.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AR	Augmented Reality (Erweiterte Realität)
CAS	Computer Assisted Surgery (Rechner-gestützte Chirurgie)
CT	Computertomographie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEG	Elektroenzephalogramm
EGA	Elektronische Gesundheitsakte
EMG	Elektromyographie
ENT	Engl.: Ear Nose Throat (Hals, Nase, Ohr)
EPA	Elektronische Patientenakte
EPR	Electronic Patient Record (->EPA)
FDA	Food and Drug Agency
FESS	Functional Endoscopic Sinus Surgery (Funktionale->NNH-Operation)
ICCAS	Innovation Center Computer Assisted Surgery
IRDC	International Development and Reference Centre for Surgical Technology
HL7	Health Level 7
HMI	Human Machine Interface (Mensch-Maschine-Schnittstelle)
HNO	Hals Nase Ohr
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
IR	Infrarot
KAS	Klinisches Arbeitsplatz System
MRT	Magnetresonanztomographie
NNH	Nasennebenhöhlen
OP	Operationssaal
Op.	Operation
PACS	Picture Archiving and Communication System

1	Einführung.....	13
1.1	Problemstellung.....	14
1.2	Stand der Wissenschaft und Technik.....	14
1.2.1	Überblick.....	15
1.2.2	Digitalisierung des Operationssaals.....	16
1.2.3	Verbreitung Elektronischer Datenverarbeitungssysteme im Krankenhaus.....	16
1.2.4	Definitionen zum Begriff der elektronischen Patientenakte.....	17
1.2.5	Aufbau eines EPA-Systems.....	20
1.2.6	Sterile Bedienkonzepte.....	20
1.2.7	Darstellung.....	27
1.2.8	Standardisierung.....	33
2	Aufgabenstellung.....	39
3	Materialien und Methoden.....	41
3.1	Klinik.....	41
3.1.1	Technischer Stand.....	41
3.1.2	Abläufe im IRDC.....	41
3.2	Protokollierung.....	43
3.3	Verwendete Dokumente.....	44
3.3.1	KIS-Übersicht.....	44
3.3.2	Audiogramm.....	45
3.3.3	Tympanogramm.....	46
3.3.4	Blutwerte.....	47
3.3.5	OP-Bericht.....	48
3.3.6	Rhinomanometrie.....	50
3.3.7	Computertomographie.....	50
3.3.8	Bilder vorangegangener Untersuchungen und Operationen.....	51
3.3.9	Radiologische Gutachten.....	52
3.3.10	Anamnese.....	53
3.3.11	Überweisung.....	54
3.3.12	Stimmbefund.....	55
3.4	Statistische Auswertung.....	55
3.4.1	Abhängigkeit des betrachteten Dokuments von der Art des Eingriffs.....	55
3.4.2	Bewertung des Algorithmus zur automatischen Vorauswahl der Dokumente.....	56
3.5	Vorbereitung.....	57

3.6	Studie „MI-Report“	57
3.6.1	Anzeige	58
3.6.2	Sensor und Bedienung.....	59
3.6.3	Personen	59
3.6.4	Vorbereitung.....	60
3.6.5	Protokollierung	60
3.7	Studie „Doc-O-R“	62
3.7.1	Klinik	63
3.7.2	Vorbereitung.....	64
3.7.3	Protokollierung	64
3.7.4	Metadaten	65
3.7.5	Softwareentwicklung.....	65
4	Ergebnisse.....	69
4.1.1	Statistische Auswertung	71
4.2	Studie „MI-Report“	71
4.2.1	Aktivierung.....	72
4.2.2	Nutzung.....	72
4.3	Studie „Doc-O-R“	75
4.3.1	Datenlage.....	75
4.3.2	Algorithmus	75
4.3.3	Nutzung.....	77
4.3.4	Phasen	78
4.3.5	Operateure	79
4.3.6	Revisionen.....	79
5	Diskussion	81
5.1	Nutzung	81
5.2	Schwächen des Studienaufbaus	82
5.3	Statistische Auswertung	83
5.4	Darstellung.....	83
5.5	Standards.....	83
5.5.1	Technische Faktoren.....	84
5.5.2	Emotionale Faktoren	84
5.5.3	Strategische Faktoren	84
5.5.4	Ökonomische Faktoren.....	85

5.5.5	Rechtliche Faktoren	85
5.5.6	Machtpolitische Faktoren	85
5.6	Studie „MI-Report“	85
5.6.1	Grafische Oberfläche	85
5.6.2	Aktivierung	86
5.6.3	Nutzung	86
5.6.4	Schwächen des Studienaufbaus	87
5.7	Studie „Doc-O-R“	88
5.7.1	Schwächen der Studie	88
5.7.2	Algorithmus	88
5.7.3	Darstellung	88
5.7.4	Bedienung	89
5.7.5	Phasen	89
5.7.6	Nutzung	89
5.7.7	Revisionen	90
6	Schlussfolgerung	91
6.1	Bedienung	91
6.2	Standardisierung	92
6.3	Darstellung	93
6.4	Nutzungsverhalten	94
7	Ausblick	97
7.1	Bedienung	98
7.2	Standardisierung	100
7.3	Darstellung	102
7.4	Nutzungsverhalten	104
8	Zusammenfassung der Arbeit	105
9	Abbildungsverzeichnis	109
10	Quellenangaben	112
Anhang A	Anatomische und physiologische Grundlagen	119
Anhang B	Ambulante Eingriffe in der HNO-Chirurgie	121
Anhang C	Schematischer Aufbau des Operationstraktes	123

1 EINFÜHRUNG

Patientenakten sind ein fester Bestandteil im klinischen Alltag. Alle relevanten Informationen sollten darin ihren Platz finden. Je nach Komplexität eines Falls enthält die Akte eine entsprechende Anzahl von Unterlagen über den Zustand des Patienten. Dies sind im einfachsten Fall Röntgenbilder, Untersuchungsergebnisse, Laborwerte oder ein Implantatpass.

Durch die stetige Digitalisierung unseres Lebens, die auch vor dem Medizinsektor nicht haltgemacht hat, liegen viele Dokumente einer Patientenakte bereits heute elektronisch vor, bzw. lassen sich mit einfachen Mitteln digitalisieren. Informationssysteme zum Speichern radiologischer Aufnahmen (PACS) oder zur Verwaltung der Patientendaten (KIS) werden in den meisten Krankenhäusern bereits eingesetzt. Ein Viertel der Krankenhäuser nutzen mittlerweile eine elektronische Patientenakte (EPA).

In Zukunft wird der Einsatz von EPAs unumgänglich sein, da neue medizinische Verfahren immer größere und komplexere Datenmengen erzeugen werden, welche verwaltet und ausgewertet werden müssen. Dazu gehören beispielsweise die molekulare Bildgebung oder genetische Untersuchungen.

Ein Chirurg kann aufgrund der erforderlichen Hygiene normalerweise nicht ohne größeren Aufwand während einer Operation die Patientenakte durchsehen. Durch die zunehmende Verbreitung digitaler Patientenakten bietet es sich an, Bedienung und Darstellung der Patientenakte auf die speziellen Anforderungen im Operationssaal anzupassen.

Die Möglichkeit, dass der Operateur während des Eingriffs sich Dokumente, wie beispielsweise radiologische Bilder, Gutachten oder Diagramme aus der Voruntersuchung ansehen kann, lässt großes Potential vermuten. Deshalb wurden zwei Studien durchgeführt, um zu zeigen, welche Chancen und Risiken solche Systeme mit sich bringen. Von Interesse war, ob die Patientenakte im Operationssaal positiv von Chirurgen und Personal angenommen wird und ob diese Systeme den Operateur dabei nicht in seinem Arbeitsflussbeeinträchtigen.

Sinkt der Aufwand die Patientenakte anzusehen, ist eine Erhöhung der Nutzungshäufigkeit und somit der Patientensicherheit anzunehmen. Sollte zudem eine Zeitersparnis durch die Nutzung eines EPA-Systems verglichen mit einer herkömmlichen Akte erreicht werden, ist mit weiteren positiven Auswirkungen für den Patienten zu rechnen, da dieser im Falle einer Zeitersparnis kürzer narkotisiert ist.

Als chirurgische Disziplin wurde die ambulante HNO-Chirurgie aufgrund der nicht zu komplexen Fälle ausgewählt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass viele Eingriffe sehr ähnlich ablaufen und somit in der Auswertung zusammengefasst werden können. Da noch keine vergleichbaren Untersuchungen existierten, sollte so auch die Anzahl der zu berücksichtigenden Spezialfälle und Ausnahmen reduziert werden.

Um einen Eindruck über die Akzeptanz einer intraoperativ zugänglichen elektronischen Patientenakte zu gewinnen, wurde im Vorfeld der Studie eine Umfrage erhoben. Folgende Fragen wurden gestellt:

- (1) Könnten Sie sich vorstellen, dass der intraoperative, elektronische Zugriff auf alle Daten der Patientenakte und deren Darstellung auf einem großen, zentralen Bildschirm für Sie von Vorteil wäre?

(2) Würden Sie die Bedienung lieber selbst vornehmen (z.B. berührunglos mit Hilfe von Gestenerkennungssystemen) oder durch Anweisen der Schwester?

Von knapp 150 Anfragen via Email wurden 25 beantwortet. Die Auswertung ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Großteil der HNO-Chirurgen begrüßt die Idee, während der Operation selbst Patientendaten nachschlagen zu können.

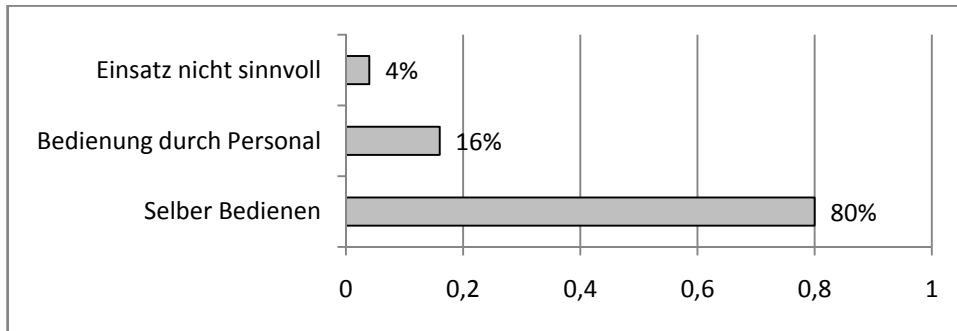


Abbildung 1. Ergebnis der Umfrage (n=25) unter HNO-Chirurgen über den Einsatz einer intraoperativ zugänglichen Patientenakte, welche vom Operateur selbst bedient werden kann

1.1 PROBLEMSTELLUNG

Nach heutigem Stand ist das Entnehmen von Informationen aus einer Patientenakte durch den Operateur während eines Eingriffs mit erheblichem Aufwand verbunden. Da der Operateur steril bleiben muss, kann er entweder OP-Personal anweisen, ihm die entsprechende Stelle in der Papierakte, bzw. an einem Terminal zu präsentieren. Oder er nimmt ein erneutes Umkleiden in Kauf und blättert selbst in der Akte, bzw. bedient selbst ein Computer-Terminal. In beiden Fällen kommt es dadurch zu einer deutlichen Unterbrechung im Arbeitsfluss des Chirurgen. Dies resultiert in einer Verlängerung der Eingriffsdauer und kann zu verringerter Konzentration des Operateurs, sowie längere Narkosezeiten bei Patienten führen. Die erste Studie in dieser Arbeit untersucht die Häufigkeit und die Gründe der Nutzung eines solchen neuartigen EPA-Systems.

Jede Art der Interaktion des Operateurs mit einem System führt zu einer Unterbrechung des Arbeitsflusses und um die Häufigkeit der Interaktionen zu minimieren, benötigt ein EPA-System zusätzliche Informationen über den Inhalt und Struktur eines Dokuments. Dadurch werden die Dokumente erst kategorisierbar. Da viele Dokumente der elektronischen Patientenakte häufig auf digitalisierten Papierakten beruhen, welche manuell eingescannt werden, ist dem System oft unbekannt, um was für Dokumente es sich handelt, bzw. welche Informationen darin zu finden sind. Auch computergenerierte Daten besitzen meist keine oder nur unvollständige Metadaten und können dadurch nicht ziel führend verarbeitet werden. Für die zweite Studie wurden die Anforderungen an einem eigens dafür entwickelten EPA-System evaluiert, welches durch die Kenntnis und Darstellung der relevanten Information die Interaktion des Operateurs auf ein Minimum reduzieren sollte.

1.2 STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

Da ein EPA-System aus mehreren Komponenten besteht, müssen mehrere Bereiche aus Wissenschaft und Technik berücksichtigt werden. Im Wesentlichen sind das die Bereiche

- Sterile Bedienung
- OP-optimierte Darstellung
- Nutzungsverhalten der Chirurgen
- Medizinische Kommunikationsstandards

In der vorliegenden Arbeit werden diese Bereiche getrennt voneinander betrachtet.

1.2.1 ÜBERBLICK

Systeme für den OP

Eine Übersicht, der Systeme, welche die wichtigsten Anforderungen an ein intraoperativ nutzbares EPA-System erfüllen, findet sich in Tabelle 1.

Dem Autor sind keine Projekte oder Produkte bekannt, bei denen der Operateur die vollständige elektronische Patientenakte während des Eingriffes selbst bedienen kann und dabei zusätzlich durch eine automatische Vorauswahl der Dokumente unterstützt wird.

Tabelle 1. Übersicht von Projekten und Produkten mit dem Ziel, den Operateur mit Patientendaten zu unterstützen

System	Gesten- erkennung	Sterile Bedie- nung	Automatische Dokument- Anzeige	Intraoperativer Einsatz	Berücksichti- gung komplette EPA	Literatur / Weblink
LiveData „OR- Dashboard“	-	-	-	Ja	-	[1] / [2]
Karl Storz „MI- Report“	Ja	Ja	-	Ja	Ja	[3] / [4]
Ben-Gurion Univ. „Gestix“	Ja	Ja	-	Ja	-	[5] / -
Univ. California, Los Angeles „TimelLine“	-	-	-	-	Ja	[6] / -
Univ. Copenha- gen „CAPSIS“	-	-	Ja	Ja	Ja	[7] / -
Nexus/Olympus	Ja	Ja	-	-	-	- / [8]
Brainlab "Digital Light Box"	-	Ja	-	Ja	-	- / [9]

Definition EPA

In der Literatur wird im Zusammenhang mit der Akte im Deutschen von der „elektronischen Patientenakte (EPA)“ und im Englischen von der „electronic patient record (EPR)“ gesprochen. Als Patientenakte wird für gewöhnlich eine nicht-institutionsübergreifende und Arzt-moderierte Akte bezeichnet, während eine allumfassende und Patienten-moderierte (z. B. durch Microsoft HealthVault) Akte als elektronische Gesundheitsakte, bzw. EGA (engl.: EHR, electronic health record) bezeichnet wird.

Relevante Standards für die EPA

Um eine standardisierte Kommunikation zwischen den Geräten und Informationssystemen zu ermöglichen, existieren mehrere Standards, welche dieses Ziel verfolgen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass DICOM sich im Zusammenhang mit der Radiologie vor allem als Bildspeicher etabliert hat, während HL7-Standards für die Patientenverwaltung im KIS definiert. OpenEHR beschreibt die Datenstruktur für eine Gesundheitsakte und für Geräte wurde ISO 11073 entwickelt, jedoch konnten sich beide Standards bislang nicht etablieren. Verschiedene Initiativen unterstützen den Prozess der Standardisierung, wie beispielsweise IHE. Die MDPnP-Initiative konzentriert sich mit eigenen Standards auf die Kommunikation im Bereich der Anästhesie und die Continua Health Alliance treibt die Standardisierung der medizinischen Geräte für den Einsatz in den privaten Räumlichkeiten des Patienten (Personal Health Care) voran. Die Arbeitsgruppen von ISO 80001 beschäftigen sich dagegen vor allem mit der Standardisierung der organisatorischen Struktur im Krankenhaus im Sinne des Qualitätsmanagements. Es werden Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten festgelegt mit dem Ziel, Zwischenfälle durch falsche Konfiguration oder Kombination von Systemen im Operationssaal zu verhindern.

1.2.2 DIGITALISIERUNG DES OPERATIONSSAALS

Bereits seit über 10 Jahren wird am Operationssaal (OP) der Zukunft geforscht. Eine der ersten Veröffentlichungen, die sich schon im Titel dem Operationssaal der Zukunft widmet, stammt aus dem Jahre 1997 [10]. Im Vordergrund steht hier bereits der bildgestützte operative Eingriff. Im Jahre 2004 veröffentlichte das ISIS Center des Department of Radiology der Georgetown University einen Bericht über einen mehrtägigen Workshop mit dem Namen "OR 2020 – The Operating Room of the Future"[11]. Fünf Arbeitsgruppen befassten sich damals mit den Themen Standards, Interoperabilität, Chirurgische Roboter, 3D-Bildverarbeitung und Telemetrie.

Besonders in Boston, USA, existieren zahlreiche Projekte, wie beispielsweise am NCIGT (National Center for Image-Guided Therapy, [12]) das AMIGO (Advanced Multimodality Image Guided Operating Suite). Am CIMIT (Center for Integration of Medicine & Innovative Technology) wurde im Zuge des „The Operating Room Of The Future“-Projektes [13] die Entwicklung eines Plug-and-Play-Standards für die Anästhesie angestoßen, sowie die Firma LiveData ausgegründet, welche anschließend noch Erwähnung findet.

Die Schwerpunkte liegen bei den meisten internationalen Projekten auf den Möglichkeiten moderner bildgebender Systeme oder der Integration aller im Operationssaal vorhandenen Geräte und Informationssysteme. Es existieren zudem viele Forschungsprojekte zur Entwicklung speziell auf bestimmte Eingriffe angepasste Planungsapplikationen.

Eine Übersicht zu den Reifeprozessen von 2005 bis heute und den zukünftigen Trends wird in [14] gegeben. Darin werden die Fortschritte in die Kategorien IT-Infrastruktur (DICOM, IHE, EPA, etc.), Funktionalitäten (Softwareengines für Workflowerkennung, Überprüfung, Modellberechnung), Geräte (Roboter, Navigationssysteme, Simulationssysteme) und Visualisierung (Grafik, Videoqualität und -routing, etc.) gegliedert. Für die ferne Zukunft werden unter anderem uneingeschränkte Interoperabilität, Expertensysteme, Gesten- und Spracherkennung, sowie n-Dimensionale Darstellungen auf „intelligenten Wänden“ prognostiziert.

1.2.3 VERBREITUNG ELEKTRONISCHER DATENVERARBEITUNGSSYSTEME IM KRANKENHAUS

Grundlage für den intraoperativen Zugang ist das Vorhandensein einer elektronischen Patientenakte in der Klinik. Diese wird mittelfristig in allen größeren Kliniken verfügbar sein: Laut dem „IT-Report

Gesundheitswesen“ [15] nutzten 2009 knapp ein Fünftel der Krankenhäuser in Deutschland eine EPA und ungefähr die Hälfte ein Picture Archiving and Communication System (PACS). In Verbindung mit der bereits vor Jahren eingeführten Technik des Videoroutings ist eine zusätzliche Anzeige dieser Daten auf einem zentralen Bildschirm technisch bereits möglich. Hat eine Klinik bereits auf eine elektronische Patientenakte umgestellt, so lässt sich für gewöhnlich von einem im Saal installierten Rechner darauf zugreifen.

Laut [15] nutzten 2009 17,1 % der befragten deutschen Krankenhäuser eine EPA, 39,1 % gaben an, mit der Implementierung begonnen zu haben. 25 % der Befragten hatten noch nicht damit begonnen, sich Gedanken über eine Implementierung zu machen. Während 77,3 % der ca. 100 Teilnehmer die OP-Dokumentation auf elektronischem Wege realisiert haben, lagen der Einsatz der Anästhesie-Dokumentation (51,8 %) und eines PACS (50,9 %) deutlich darunter (Abbildung 2).

Zur Analyse der Trends wurde zusätzlich die Frage gestellt, was die erste Haupt-IT-Priorität ist. Hier lagen Neueinführung, Updates und Verbesserung bestehender Systeme, sowie Workflowoptimierung vor der Einführung der EPA, welche lediglich bei 10 % der befragten die höchste IT-Priorität darstellte. Bei der Schätzung, welche Prioritäten 2011, also zwei Jahre später wichtig sein werden, lag die Einführung einer EPA mit 16,9 % auf Platz zwei. Weiterhin wurden die Ergebnisse von 2009 mit denen einer 2005/2006 durchgeführten Umfrage verglichen. 2005 hatten lediglich 28,8 % der Einrichtungen ein PACS in Betrieb, der Anteil hat sich fast verdoppelt. Auch hatten damals nur 8,6 % eine EPA im Einsatz, hier hat sich der Anteil ebenfalls verdoppelt. Der Anteil derjenigen, die angaben, die Implementierung einer EPA noch nicht abgeschlossen zu haben, blieb ungefähr konstant bei über der Hälfte der Befragten.

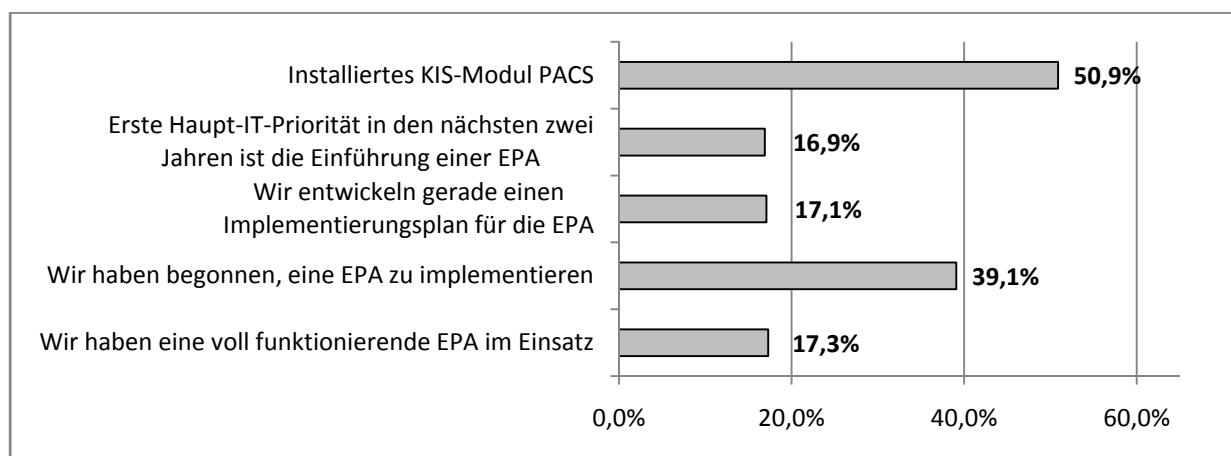


Abbildung 2. Auszüge aus dem IT-Report Gesundheitswesen [15] über die Verbreitung der EPA im Jahr 2009 [n≈100]

Mittelfristig kann also davon ausgegangen werden, dass die meisten Krankenhäuser über die notwendige IT-Infrastruktur verfügen, um Patientendaten, z. B. im OP-Bereich, effektiv nutzen zu können.

1.2.4 DEFINITIONEN ZUM BEGRIFF DER ELEKTRONISCHEN PATIENTENAKTE

Unter der elektronischen Patientenakte versteht man die digitale Form der herkömmlichen Patientenakte. Die EPA ist über eine Softwareanwendung abrufbar und kann beispielsweise DICOM-Bilder

enthalten, Word- oder Pdf-Dateien (z. B. Arztbrief, Überweisung), Werte für Diagramme (z. B. EKG) oder eingescannte Papierdokumente.

Laut [16] umfasst eine konventionelle Krankenakte alle Daten, die im Zusammenhang mit der medizinischen Versorgung eines Patienten an einer Einrichtung erstellt werden. Zu ihren Nachteilen gehört, dass sie teilweise getrennt auftritt. Eingetütete Röntgenbilder, Trennung in ambulante und stationäre Akte oder chirurgische und anästhesiologische Akte sind im klinischen Betrieb nicht ausgeschlossen. Eine Patientenakte enthält u. a. Informationen zur sicheren Identifikation des Patienten, zu Risiken wie Vorerkrankungen oder Allergien, zur Anamnese, zu diagnostischen Untersuchungen und beschreibt den Krankheitsverlaufs.

Weiterhin werden in [16] auch die Vor- und Nachteile der EPA gegenüber der konventionellen Krankenakte abgewogen. Tabelle 2 stellt die jeweiligen Vorteile dar.

Tabelle 2. Vorteile der elektronischen und der konventionellen Patientenakte

Elektronische Patientenakte	Konventionelle Patientenakte
An mehreren Orten gleichzeitig verfügbar	Keine Technikabhängigkeit
Ohne Lieferzeit abrufbar (z. B. bei Laborwerten)	Keine Bedienschwierigkeiten, einfach aufschlagen
Kann praktisch nicht verloren gehen	Keine hohen IT-Kosten (Archivierungskosten fallen ohnehin die nächsten Jahrzehnte an)
Besserer Datenschutz möglich: Unterschiedliche Nutzer können nur auf die Daten zugreifen, die für sie von Interesse sind	
Daten können je nach Anwendungszweck unterschiedlich zusammengefasst werden	
Organisatorische Hinweise durch die Software, z. B. bei ausstehenden Befunden	

Aus Tabelle 2 lassen sich für die EPA weitere Vorteile ableiten:

- Informationen stets gut lesbar und dem Verfasser zugeordnet
- Unterstützung interdisziplinärer Behandlungspläne
- Entgeltabrechnung wird erleichtert
- Dokumentationsdichte kann erhöht werden (genauerer Verlauf der OP, keine voluminösen Papieransammlungen)
- Redundanzen können vermieden werden
- Datenauswertung wird erleichtert

Weiterhin bietet eine EPA die Möglichkeit, die oft unvollständigen und mit Formfehlern behafteten Akten entsprechend zu visualisieren, sodass Ungereimtheiten mit einem Blick erkennbar werden.

Die Nutzung einer EPA ist nicht auf den Patienten beschränkt. Mit „secondary use“ wird die weitere Verwendung bezeichnet, welche neben dem eigentlichen Zweck noch möglich ist. Die Autoren von [17] verstehen darunter die Verwendung der EPA für Analysen, Forschungszwecke, als Maß für Qualität und Sicherheit, für das öffentliche Gesundheitssystem, zur Zertifizierung und Akkreditierung von Personen oder Einrichtungen des Gesundheitswesens, Abrechnung, Marketing und allgemeine betriebswirtschaftliche Anwendungen. Dabei fordern sie, nicht die ethischen, politischen, technischen und sozialen Faktoren aus den Augen zu verlieren.

In [18] wird in dem Kapitel „Definitionsversuche“ zwischen den Begriffen „Elektronische Krankenakte (EKA)“, „Elektronische Fallakte (eFA)“, „Elektronische Patientenakte (EPA)“ und „Elektronische Gesundheitsakte (EGA)“ unterschieden. Im Englischen existieren entsprechende Begriffe wie u. a. „Electronic Health Record (EHR)“, „Electronic Medical Record (EMR)“ oder „Computerized Patient Record (CPR)“.

Bei der EGA können Patienten selbstständig Einträge vornehmen oder Dokumente hinzufügen, sie ist das Pendant zum englischen Begriff EHR.

Bei der eFA (elektronische Fallakte) handelt es sich um eine einrichtungsübergreifende Akte, welche alle Daten zu einem bestimmten Fall des Patienten enthält.

In [19] sind die Definitionen der National Alliance for Health Information Technology (NAHIT) wie folgt angegeben:

Electronic Medical Record (EMR): An electronic record of health-related information on an individual that can be created, gathered, managed, and consulted by authorized clinicians and staff within one health care organization.

(Eine elektronische Akte gesundheitsbezogener Informationen über eine Person, welche erstellt, gesammelt, verwaltet und konsultiert werden können durch autorisierte klinische Mitarbeiter und der Belegschaft innerhalb einer Einrichtung)

Electronic Health Record (EHR): An electronic record of health-related information on an individual that conforms to nationally recognized interoperability standards and that can be created, managed, and consulted by authorized clinicians and staff across more than one healthcare organization.

(Eine elektronische Akte gesundheitsbezogener Informationen über eine Person, welche konform ist zu national anerkannten Interoperabilitätsstandards ist, einrichtungsübergreifend erstellt, gesammelt, verwaltet und konsultiert werden können durch autorisierte klinische Mitarbeiter und der Belegschaft.)

Personal Health Record (PHR): An electronic record of health-related information on an individual that conforms to nationally recognized interoperability standards and that can be drawn from multiple sources while being managed, shared, and controlled by the individual.

(Eine elektronische Akte gesundheitsbezogener Informationen über eine Person, welche konform ist zu national anerkannten Interoperabilitätsstandards und deren Zugriff von unterschiedlichen Quellen erfolgen kann, während die Person diese verwaltet, freigibt und kontrolliert.)

In [20] wird die EPA wie folgt definiert:

„Die EPA deckt im Idealfall die gesamte ärztliche (klinische) Dokumentation ab und verfolgt somit alle Ziele der patientenbezogenen medizinischen Dokumentation.“

Ein fünfstufiges System wurde vom Medical Records Institute (Newton, USA) definiert. Die folgenden Punkte basieren auf der deutschen Übersetzung aus [20].

- Stufe 1: Automated Medical Record (AMR) – Papierakte, deren Dokumente u. a. elektronisch erstellt wurden
- Stufe 2: Computerized Medical Record System (CMR) – Alle Dokumente, die nicht Computer-generiert sind, werden durch Einscannen digitalisiert

- Stufe 3: Electronic Medical Record System (EMR) – Alle Dokumente sind Computer-generiert
- Stufe 4: Electronic Patient Record System(EPR) – Einrichtungsübergreifend, enthält über die Dokumentationspflicht hinausgehende Informationen
- Stufe 5: Electronic Health Record (EHR) – Patientenmoderierte Akte über die Lebenszeit, keine Einschränkungen bei der Art der Eintragungen

Nach diesem Modell entspräche die in den hier präsentierten Studien verwendete Patientenakte der „Computerized Medical Record (CMR)“. Sie besteht in etwa zu gleichen Teilen aus Computer-generierten Daten und aus eingescannten Dokumenten. Es wird keine Buchstabenerkennung eingesetzt und es werden nur wenige bis keine Metadaten mit den Dokumenten gespeichert.

Eine weitere Definition stammt aus der Umfrage für den bereits zitierten IT-Report im Gesundheitswesen [15]. Folgende Definition wurde für den Fragebogen verwendet um Zweifel bei der Interpretation des Begriffs EPA zu verhindern:

„Unter einer elektronischen Patientenakte (EPA) wird eine elektronisch generierte und basierte Sammlung patientenzentrierter klinischer Informationen, aller Abteilungen/-Stationen einer Einrichtung (einrichtungsgebunden) des Gesundheitswesens über den aktuellen Gesundheitsstatus und über vorangegangene Einrichtungsaufenthalte (Patientenhistorie) eines Patienten verstanden. Die EPA wird durch klinische Entscheidungssysteme unterstützt und ersetzt die medizinisch-pflegerische Papierdokumentation als primäre Informationsquelle“

1.2.5 AUFBAU EINES EPA-SYSTEMS

Ein EPA-Systemermöglicht dem Operateur Zugriff auf die Patientenakte und besteht wie in Abbildung 3 vereinfacht dargestellt aus einer Datenbank mit den Patientendaten, auf welche die einzelnen Arbeitsplatzsysteme zurückgreifen, einer grafischen Oberfläche zur Bedienung und Darstellung dieser Patientendaten und einer entsprechenden Eingabemöglichkeit.

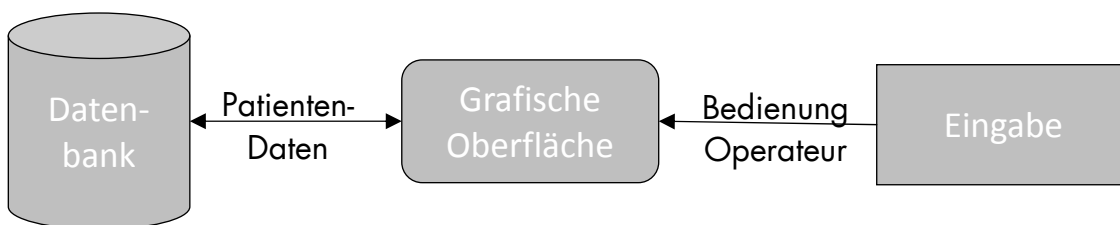


Abbildung 3. Schematischer Aufbau eines EPA-Systems.

Zu den wichtigsten Anforderungen von klinische Arbeitsplatzsysteme (KAS) gehören laut [20] besonders die korrekte Patientenidentifikation, eine ausgeprägte Informationslogik (die Auswahl der relevanten Informationen) und hohe Benutzerfreundlichkeit (gute Softwareergonomie, schnelles Antwortzeitverhalten, hohe Ausfallsicherheit, Hilfe/Betreuung).

1.2.6 STERILE BEDIENKONZEPTE

Die Schnittstelle zwischen Operateur und Patientendaten ist ein Hauptbestandteil eines EPA-Systems für den OP. Im Folgenden werden mögliche Methoden zur Steuerung anhand bestehender Produkte und Prototypen chronologisch aufgeführt.

Allgemeine Methoden zur sterilen Bedienung

Die einfachste Art, einen Gegenstand steril zu machen ist es, diesen mit einer sterilen Folie zu überziehen und die Folie anschließend zu fixieren. Dazu lässt sich die so genannte Sterile Schwester eine Folie reichen, ohne die Verpackung beim Herausnehmen der Folie zu berühren. Die Folie wird über das betreffende Objekt gewickelt oder darüber gestülpt. Dies kann beispielsweise ein Operationsmikroskop sein, wie in Abbildung 4 gezeigt. Nach der Operation wird die Folie entsorgt. Nicht nur Mikroskope, sondern auch Fernbedienungen, Joysticks oder gar Apple iPads können auf diese Art im OP eingesetzt werden. Große Überzüge für Mikroskope liegen zwischen 5 bis 20 Euro das Stück, während kleinere Überzüge für Fernbedienungen oder Fußschalter etwa einen Euro kosten. Der Vorteil an dieser Methode ist, dass bei der Entwicklung eines Produktes keine Rücksicht auf spezielle Hygieneanforderungen genommen werden muss, außer dass die Funktionalität durch die Folie nicht eingeschränkt wird. Allerdings muss das OP-Personal vor jeder Nutzung das Produkt vorbereiten.



Abbildung 4. Abgedecktes Operationsmikroskop. Die Folie enthält für das Objektiv eine spezielle Kunststoffscheibe

Mit spezieller, auswechselbarer Folie ist es auch möglich Multitouch-fähige Bildschirme innerhalb des Operationssaals einzusetzen. Multitouch bedeutet, dass nicht nur eine einzelne Berührung erkannt wird, sondern mehrere zur selben Zeit. Dadurch lassen sich mit Hilfe von Gesten zusätzliche Bedienfunktionen implementieren oder aufgelegte Gegenstände erkennen. In [21] werden die technischen Hintergründe von solchen Multitouchgeräten erläutert. Produkte sind unter [22] und [23] zu finden, ein Beitrag zur medizinischen Nutzung unter [24].

Sterilisierbare Bedienelemente, wie Zeiger für optische Navigation oder Beschleunigungssensoren sind ebenfalls in Betracht zu ziehen. Die Sterilisierung dient dem Abtöten von Krankheitserregern und wird meist mit Hitze erreicht. Bei der Sterilisation mit Dampf müssen die Bedienelemente ca. 120 °C bei 1 bar für mindestens 20 Minuten verkraften, bei der trockenen Sterilisation ohne Dampf min. 180 °C für min. 30 Minuten. Alternativ existieren noch die chemische, die Strahlen- und die Plasmasterilisation. Ein Bedienelement muss somit mindestens einer der oben genannten Sterilisationsmöglichkeiten standhalten, um im Operationssaal eingesetzt werden zu können.

Da der Chirurg mit seinen Füßen nicht in Kontakt mit dem Patienten kommt, lassen sich Fußschalter ebenfalls für die Steuerung im Operationssaal nutzen. In Abbildung 5 und Abbildung 37 sind Beispiele für Fußschalter dargestellt.



Abbildung 5. Zwei Beispiele für die Realisierung von komplexen Fußschaltern [Copyright steute Schaltgeräte GmbH & Co. KG, Produkt MFS-MED GP13, rechts: Bili, Bellingham, USA, Produkt „Foot mouse“]

Forschungsarbeiten und Produkte

1994 wurde der erste medizinische Roboter von der Food and Drug Administration (FDA) in den USA zugelassen. Der sogenannte AESOP der Firma Computer Motion konnte per Spracheingabe eine Kamera bei laparoskopischen Eingriffen im Patienten positionieren [25]. Die Spracherkennung kann im Operationssaal per Headset oder festinstalliertem Mikrofon realisiert werden. Die Sprachsteuerung wurde bereits Anfang der 1990er-Jahre für den Einsatz von medizinischen Robotern geprüft. Zu den Nachteilen gehört die Tatsache, dass das Wörterbuch von jedem Nutzer trainiert werden muss, dass Umgebungsgeräusche im Saal sich störend auswirken können, der Chirurg ein Mikrofon tragen muss oder laut im Saal Kommandos an die Maschine geben muss. Weiterhin sind kontinuierliche Änderungen, wie beispielsweise „weiter rechts“ nur mit sehr viel Sprechaufwand zu bewältigen. Es besteht auch die Gefahr, dass das Personal fälschlicherweise davon ausgeht, vom Operateur angesprochen zu werden. Dem gegenüber stehen die Vorzüge, dass der Chirurg während dem Steuern beide Hände zum Arbeiten nutzen kann und den Blick während des Steuerns nicht aus seinem Arbeitsfeld nehmen muss. Um die Nachteile des zusätzlichen Mikrofons und der Umgebungsgeräusche zu reduzieren, ist ein weiterer Ansatz denkbar. Eine Untersuchung zeigt, dass Maschinen besser von den Lippen lesen können, als Menschen[26]. Eine Kamera über beispielsweise einem Endoskopmonitor könnte so Befehle des Chirurgen entgegennehmen, indem die Mundbewegungen des Operateurs in Kommandos umgerechnet werden.

2002 wurde an der Australian National University ein System aus zwei Kameras entwickelt, welches dem Benutzer das Bewegen von als dreidimensionale Objekte wahrgenommene Bilddaten erlaubte [27]. Dazu bewegt der Nutzer seine Hände im Sichtbereich der Kameras und kann den 3D-Effekt mit Hilfe einer Shutter-Brille wahrnehmen.

2003 wurde an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne ein System entwickelt, welches ebenfalls Gesten mithilfe von zwei Kameras erkennt [28]. Dazu ist eine freie Sicht über die Horizontale zum Operateur erforderlich. In der Studie wurden nur fiktive Patientendaten aufgerufen. Interessant

ist die Auswertung der klinischen Studie hinsichtlich der Steuerung. Probleme ergaben sich durch vielerlei Objekte zwischen Kamera und Chirurg und durch die wechselnden und oft dunklen Lichtverhältnisse. Die Chirurgen bevorzugten eine „Click-by-Wait“ Steuerung, das bedeutet, dass ein Mausklick nach einigen Sekunden Verweilens auf einer Stelle ausgelöst wird und nicht durch eine spezielle Geste. Desweiteren äußerten die befragten Chirurgen, dass der Lernaufwand für die Bedienung solch eines System minimal sein müsste, die Bedienung keinen großen Konzentrationsaufwand erfordern dürfe und die Gesten sich von chirurgischen Bewegungsabläufen unterscheiden sollten.

2004 wurde das „Gestix“-Projekt vorgestellt [5][29]. Das Institut für Wirtschaftsingenieurwesen der Ben-Gurion Universität in Israel und das Institut für Medizinische Informatik der Universität Washington haben ein System entwickelt, das mit einer Webcam (Abbildung 7) auf bis zu 5 Meter Entfernung die Hand des Operators identifiziert. Das System muss zuvor auf die Hand und die Lichtverhältnisse justiert werden. Während des Betriebs zeigt das System auf einem Teil des Bildschirms die gefilmte Hand. Durch Verlassen und wieder Eintreten in den Arbeitsbereich lassen sich in Abhängigkeit der geformten Hand Gesten (Abbildung 7) wie Blättern oder Zoomen verarbeiten. Bei der vorgestellten Anwendung handelt es sich um eine elektronische Patientenakte, welche auf die Darstellung radiologischer Aufnahmen beschränkt ist.

Die Erkennung von Gesten mit Hilfe eines Navigationssystems und einer kleinen, reflektierenden Kugel auf der Fingerspitze wird in [30] vorgestellt.

Das Heinrich-Hertz-Institut der Fraunhofer Gesellschaft hat 2009 für die Firma Karl Storz ein Gerät entwickelt, das auf zwei starr verbundenen Infrarotkameras basiert. Durch den Einsatz der Stereokamera wird die Tiefeninformation gewonnen, durch welche in Kombination mit der Mustererkennung der Hand mehrere Gesten unterschieden werden können und dem Nutzer die Steuerung des Mauszeigers durch seinen ausgestreckten Zeigefinger ermöglicht (Abbildung 6). Die Methode ist geeignet für Systeme, die gewöhnlich per Maus bedient werden. Dieses System wurde im Zuge dieser Arbeit evaluiert und wird im Kapitel Material und Methoden auf Seite 59 ausführlicher beschrieben.



Abbildung 6. Steuerung des Mauszeigers mit dem Zeigefinger. Der Operateur muss den Blick vom Patienten nehmen

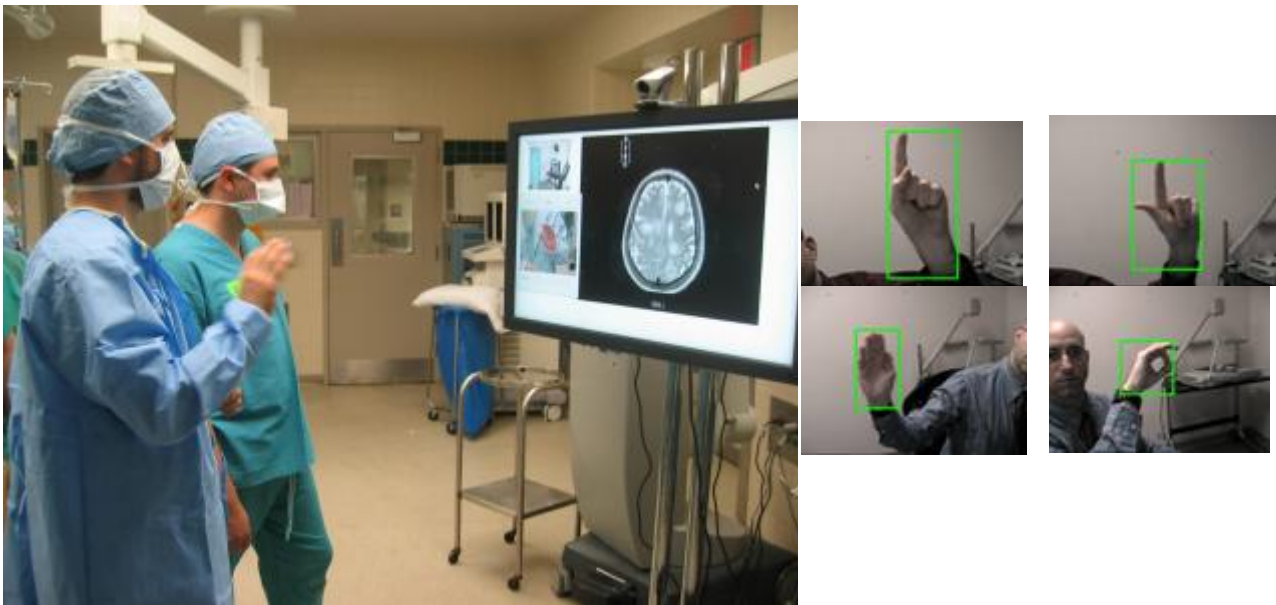


Abbildung 7. Navigation durch radiologische Bilder im OP mit dem Gestix-System, rechts: Auswahl der von Gestix unterstützten Gesten [Copyright University of Washington / Ben Gurion University]

Die Firma „Freehand 2010 Ltd“ bietet mit dem Produkt „Freehand“ [31] eine Gestenerkennung des Kopfes an. Hierbei wird allerdings keine Videokamera eingesetzt, sondern ein Infrarotsender, wie in Abbildung 8 gezeigt, an der Stirn des Operators befestigt. Nach dem Drehen des Kopfes zeigt der Empfänger die detektierte Richtung an. Will der Operateur die Eingabe ausführen, muss er diese mit dem Druck auf einen Fußschalter bestätigen. Das System steuert eine Kamera für laparoskopische Eingriffe. Mit dem Kopf können die Winkel verändert werden, durch einen kurzen Tritt auf das Pedal wird in, bzw. aus dem Zoommodus gewechselt. Im Gegensatz zu den videobasierten Methoden hat hier der Arzt beide Hände frei, muss jedoch seinen Blick abwenden und auf den Empfänger richten, bevor er die angezeigte Aktion bestätigt.

Einen Infrarotsensor haben Forscher von Texas A&M und dem Korea Institute of Science and Technology entwickelt [32]. Ein Feld aus IR-Dioden erzeugt Strahlen, deren Reflektionen mit einer CCD-Kamera, welche neben den Dioden liegt, empfangen wird. Dadurch kann eine 3D-Oberfläche errechnet werden. Der Arbeitsbereich liegt zwischen zehn und 45 cm, der Mauszeiger bewegt sich kontinuierlich in die Richtung, in welche der Zeigefinder weist. Zum Klicken wird die Hand geöffnet.

An der Universität Erlangen wurde in Zusammenarbeit mit dem dortigen Universitätsklinikum der Einsatz von Time-of-Flight-Kameras (TOF) untersucht [33]. Die Kamera erkennt, an welche Stelle des Bildschirms der Nutzer zeigt und das Heben und Senken des Daumens wird als Mausklick interpretiert.



Abbildung 8. Bei dem Produkt „Freehand“ wird der Infrarotsender am Kopf des Operateurs befestigt (links). Der fest stehende Empfänger kann dadurch die Bewegungen detektieren und anzeigen (rechts)[Copyright Freehand 2010 Ltd]

Durch die Einführung des Systems „Kinect“ [34] (Fa. Microsoft, Redmont, USA) ende 2010 stieg die Zahl der Projekte mit Gestenerkennung im medizinischen Bereich stark an. Das System wurde als zusätzliche Eingabemöglichkeit für die Spielekonsole Xbox360 konzipiert. Für einen Preis von weniger als 150 Euro erhält der Käufer ein komplettes System zur Gestenerkennung mit einem Arbeitsbereich zwischen ca. 0,7 m und 6 m.

Im Zuge des Projekts „Virtopsy“ hat die „Forensic Research Group“ der Universität Zürich eine Anwendung entwickelt, um radiologische Bilder mit einer Kombination aus Gesten (durch Kinect) und Sprache (Headset) zu steuern [35]. Die Anforderungen hinsichtlich Sterilität bei einer Operation ähneln denen einer Autopsie, da der ausführende Arzt in beiden Fällen nichts außerhalb des Arbeitsfelds berühren darf. Bei der Operation um den Patienten zu schützen, bei der Autopsie um nicht die Einrichtung des Raumes zu kontaminieren.

Die Elektromyographie (EMG) ist eine Methode zur Messung der elektrischen Muskelaktivität. Es gibt zwei Möglichkeiten, das Aktionspotential der Nervenfasern zu messen. Bei der invasiven Methode können durch den Einsatz spezieller Nadeln hohe Ortsauflösungen erzielt werden, teilweise sogar einzelne Muskelfasern unterschieden werden. Da diese Form der Ableitung für eine sterile Bedienung nicht in Frage kommt, wird alternativ über die Haut abgeleitet. Dieses Signal ist deutlich ungenauer, da mehrere Fasern durch die Elektrode erfasst werden und es sich hierbei um die Summe der Aktionspotentiale handelt. Microsoft, die University of Washington und die University of Toronto haben ein System vorgestellt [36] und patentiert [37], welches Gesten der Hand per EMG detektiert. Dazu muss der Anwender ein Armband am Unterarm unterhalb des Ellbogens tragen. Ort und ausgeübter Druck auf die Finger lassen sich dadurch detektieren und auswerten.

Ein ähnliches System wird in [38] von Nokia und der Universität Hefei vorgestellt. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass dieses System zusätzlich Gebrauch von einem Beschleunigungssensor macht. Somit lassen sich Drehbewegungen und die Position des Daumens relativ zur Hand detektieren.

Einen weiteren Ansatz stellt der Versuch von Microsoft mit der Carnegie Mellon University dar, mittels sogenannter Bioakustischer Signale zu bestimmen, an welcher Stelle die Haut berührt wird [39]. Im deutschen Sprachraum steht der Begriff „Bioakustik“ für ein Forschungsfeld der Tierstimmenforschung, weshalb der Englische Begriff verwendet werden sollte. Er bezeichnet die Schallausbreitung

in Knochen und Gewebe. Eine besondere Rolle spielen dabei die verschiedenen Gelenke im Bereich der Hand, welche wie ein Filter auf die Schallwellen wirken. Die Gelenke unterscheiden sich in Dicke, Material und Örtlichkeit. In Verbindung mit dem anatomischen Wissen lässt sich dadurch die Herkunft einer Welle einfacher rekonstruieren. Abgenommen werden die akustischen Signale durch winzige Hochleistungsmikrofone. In Verbindung mit einem am Oberarm befestigten Mini-Projektor, der eine grafische Oberfläche auf beispielsweise die Handfläche projizieren kann, wird eine sterile Bedienung ermöglicht.



Abbildung 9. Das Sensorarmband ortet mit Mikrofonen die Position, an der die Haut berührt wird. Die Tasten werden über einen am Körper befestigten Projektor abgebildet [39]

Die Firma Emotiv, USA, bietet mit dem Produkt „Epoc“ [40] ein Headset an, welches Hirnströme misst und über Beschleunigungssensoren verfügt, mit denen sich zusätzlich die Bewegungen des Kopfes auswerten lassen. Das Gerät, mit welchem sich ein klassisches Elektroenzephalogramm (EEG) ableiten lässt, ist für 300 Dollar in den USA erhältlich. Die Nutzung des Geräts am Beispiel einer einfachen Anwendung für Mobiltelefone wird in [41] beschrieben.

Eine Kombination aus Brain-Computer-Interface (BCI, Gehirn-Computer-Schnittstelle) und Eyetracking (Blickerfassung) wird in [42] beschrieben.



Abbildung 10. Das Epoc-Headset von Emotiv zur preisgünstigen Ableitung von EEGs [Copyright Emotiv, USA]

Sensoren unter dem sterilen Kittel sind ebenfalls vorstellbar, in Anbetracht des in [43] vorgestellten Systems. Durch zwei biegsame Sensoren, welche an der Kleidung angebracht werden können, lassen sich Aktionen wie Scrollen und Klicken durch Gesten am Körper durchführen. Die Daten werden schnurlos über ZigBee an einen Rechner übertragen. Das Produkt ShapeTape der Firma Measurand (USA) ist ein biegsames Band, welches seine aktuelle Form digital überträgt. In [44] wird der erfolgreiche Einsatz zur Messung der Wirbelsäulenform beschrieben, und in [45] eine Mensch-Roboter-Schnittstelle. Die beiden Veröffentlichungen zeigen, dass ein Einsatz im Kittel, beispielsweise im Ärmel, zu brauchbaren Ergebnissen führen könnte.

1.2.7 DARSTELLUNG

Der zweite wichtige Bestandteil eines EPA-Systems für den Einsatz im OP ist die angepasste Darstellung der vorhandenen Patientendaten.

Die geschickte Darstellung der Patientenakte kann bei der Analyse von komplexen Patientendaten helfen, durch die Visualisierung von zeitlichen Zusammenhängen zwischen Behandlungen, Untersuchungen, Funktionsstörungen, Verschreibungen, Krankenhausaufenthalten und anderen Ereignissen zu unterscheiden.

Die meisten EPA-Anwendungen sind für Terminals oder Bildschirmarbeitsplätze konzipiert. Sie werden klassisch mit einer Maus, bzw. Trackball bedient und können dadurch bei der Gestaltung der graphischen Oberfläche auf den Einsatz besonders großer Knöpfe verzichten.

Allgemeine Darstellung von Patientendaten

Im Folgenden werden Systeme aufgeführt, welche Patientendaten für Mediziner bereitstellen, aber nicht zwangsläufig steril zu bedienen sind oder speziell für den Operationssaal konzipiert wurden.

Viele vorhandene Systeme trennen zwischen Bilddaten, z. B. aus dem PACS und medizinischen Daten aus der Krankenhausverwaltungssoftware, sowie den Live-Daten während eines Eingriffs. Ebenso werden die Anästhesiedaten für gewöhnlich gesondert von den restlichen Daten behandelt.

In [46] wird ein „Head-Mounted Display“ vorgestellt, welches an der University of Queensland in Zusammenarbeit mit dem Royal Adelaide Hospital entwickelt und untersucht wurde. Es handelt sich um eine Art Brille, durch welche dem Träger Informationen eingeblendet werden können. In der Veröffentlichung wird dies am Beispiel von Vitaldaten für die Anästhesie demonstriert. Der besondere Vorteil dieser Methode liegt darin, dass der Nutzer unabhängig von seiner Position sowohl die eingeblendeten Daten als auch den Patienten beobachten kann.

Objekte können räumlich dargestellt werden, ohne dass die Nutzer eine Brille dafür tragen müssen. Das Fraunhofer HHI [47] und die De Montford Universität in England [48] haben bereits funktionsfähige Geräte präsentiert. Diese Technik hat nicht nur Auswirkungen auf die Art der Darstellung, auch die Bedienung ändert sich. Statt mit einem Eingabegerät ein 3D-Objekt zu bewegen, kann man sich selbst um das Objekt bewegen.

In der Medizintechnik wird unter dem Begriff „Augmented Reality (Erweiterte Realität)“ vor allem das Einblenden zusätzlicher Information in ein Live-Video verstanden. Es gibt zwei Möglichkeiten dies in die Praxis umzusetzen. Der Blick auf einen Bildschirm, an dem eine Kamera angebracht ist und das Szenario filmt, oder das Tragen von halbtransparenten Brillen. In beiden Fällen werden zusätzlich Informationen, beispielsweise CT-Bilder oder Hämodynamik eingeblendet. Mit Magic Mirror wurde an der Technischen Universität München ein Augmented-Reality System entwickelt, welches

auf einem Bildschirm medizinische Daten einer Person an der entsprechenden Stelle anzeigt [49]. Als Beispiel wird ein Film demonstriert, in dem sich der Entwickler die Knochen seines Thorax einblenden lässt und dabei der Bewegung der Person folgt. Die Basis bildet ein CT-Datensatz der Region und durch die 3D-Erkennung (Microsoft Kinect) passt das System die Überlagerung in Echtzeit an (Abbildung 11). Mit dieser Technik wäre es theoretisch möglich, dem Chirurgen vor dem Schnitt einen Blick in das Innere des Patienten zu ermöglichen.



Abbildung 11. Screenshot aus dem Video zur Demonstration der AR-Software "Magic Mirror". Am Bildschirm ist das Spiegelbild des Probanden zu sehen, im Brustbereich wird als Beispiel ein Ausschnitt des Skeletts angezeigt. Dieser Ausschnitt folgt den Bewegungen des Probanden

Mit dem Ziel, medizinische Daten auf eine neue Art darzustellen, wurde von IBM die Anwendung „3D Avatar“ entwickelt [50]. Mit Hilfe der ebenfalls von IBM entwickelten Anatomic and Symbolic Mapper Engine (ASME) können die Daten einer Gesundheitsakte den jeweiligen anatomischen Regionen zugewiesen werden. Durch Vergrößern und anklicken kann der Arzt sehen, ob zu den relevanten Regionen bereits Vorerkrankungen vorliegen (Abbildung 12). Dabei greift die ASME auf eventuelle SNOMED-Codes in der Akte zurück. Zitat des Autors der Software: „It’s like Google Earth for the body (...)“.



Abbildung 12. Bildschirmfoto der IBM-Software von der Cebit 2008 [51]

Ende 2010 veröffentlichte die Firma Google den „Bodybrowser“. Die kostenlos im Webbrowser nutzbare Anwendung erlaubt es, den menschlichen Körper dreidimensional zu betrachten und Knochen, Muskeln oder Gefäße stufenlos ein- und auszublenden (Abbildung 13). Eine anatomische Zuordnung von Patientendaten einer Akte wäre technisch möglich, wenn Google eine entsprechende Schnittstelle freigeben würde.

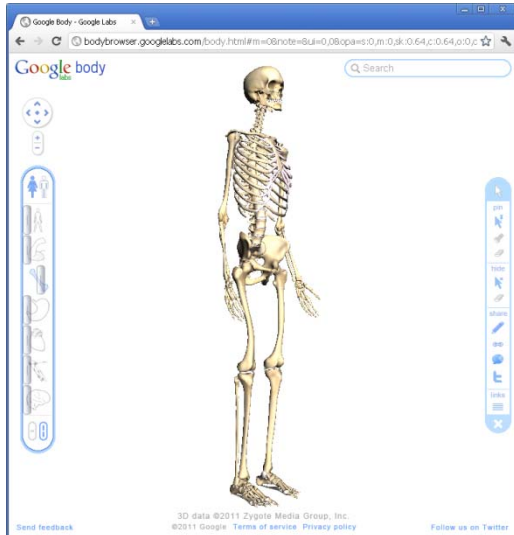


Abbildung 13. Bildschirmfoto der Google-Anwendung "Bodybrowser" [<http://bodybrowser.googlelabs.com/>]

Francisco Roque von der Technical University of Denmark, Lyngby, Dänemark, hat mit Kollegen aus Norwegen und Estland 2010 eine Übersicht der wichtigsten Visualisierungssysteme für EPA veröffentlicht [52]. In dem Artikel wurden die sechs relevanten Systeme zur Informationsvisualisierung (Infovis) von elektronischen Patientenakten miteinander verglichen. Im Folgenden wird aus dem Artikel zitiert. Allen Softwareanwendungen gemeinsam ist der Aufbau. Der zeitliche Verlauf wird auf der x-Achse von links nach rechts aufgetragen, unterschiedliche Ereignisse untereinander in mehreren y-Achsen dargestellt (z. B.: Diagnose, Behandlung, Untersuchung). Negativ bewertet wird die teilweise nicht vorhandene Zusammenarbeit der Entwickler mit Medizinern und das Evaluieren mit reinen Testdatensätzen, welche die oft unvollständigen und teilweise fehlerhaften Akten der Realität nicht widerspiegeln. Die folgenden Anwendungen sind nicht für den Operationsaal oder die Chirurgie konzipiert, sondern für das Büro eines Arztes. Die erste Anwendung „Lifelines“ wurde 1996 vorgestellt [53]. Zeiträume werden als Balken dargestellt. Die Detailstufen der Anzeige lassen sich durch Ausklappen ähnlicher Ereignisse oder durch Vergrößern bestimmter Stellen im Zeitstrahl erhöhen. Der erweiterte Nachfolger „Lifelines2“ [54] ermöglicht speziell Vergleiche der Krankheitsverläufe mehrerer Patienten. Das Tool „CLEF“ [55] wurde 2008 vorgestellt ist in der Lage zusätzlich textuelle Zusammenfassungen zu generieren, sowie die semantischen Zusammenhänge zwischen den Ereignissen anzuzeigen (z. B. „verursacht durch“, „Indikation-durch“). 2004 wurde das KNAVE II-System von der Ben Gurion University in Israel vorgestellt [56]. Der Schwerpunkt lag hier bei schnellen und genauen Suchanfragen an die Akte. Die Darstellung ist den bereits erwähnten Systemen ähnlich und semantische Zusammenhänge werden ebenfalls angezeigt. Optisch besonders interessant ist die Anwendung „Timeline“ [6] der University of California, Los Angeles (Abbildung 14). Auch hier werden die Inhalte einer Patientenakte entlang einer Zeitleise arrangiert. Die y-Achse ist aufgeteilt in Bilder, Laborwerte und Befunde. Die Icons von Ereignissen werden entsprechend ihres Inhaltes dargestellt.

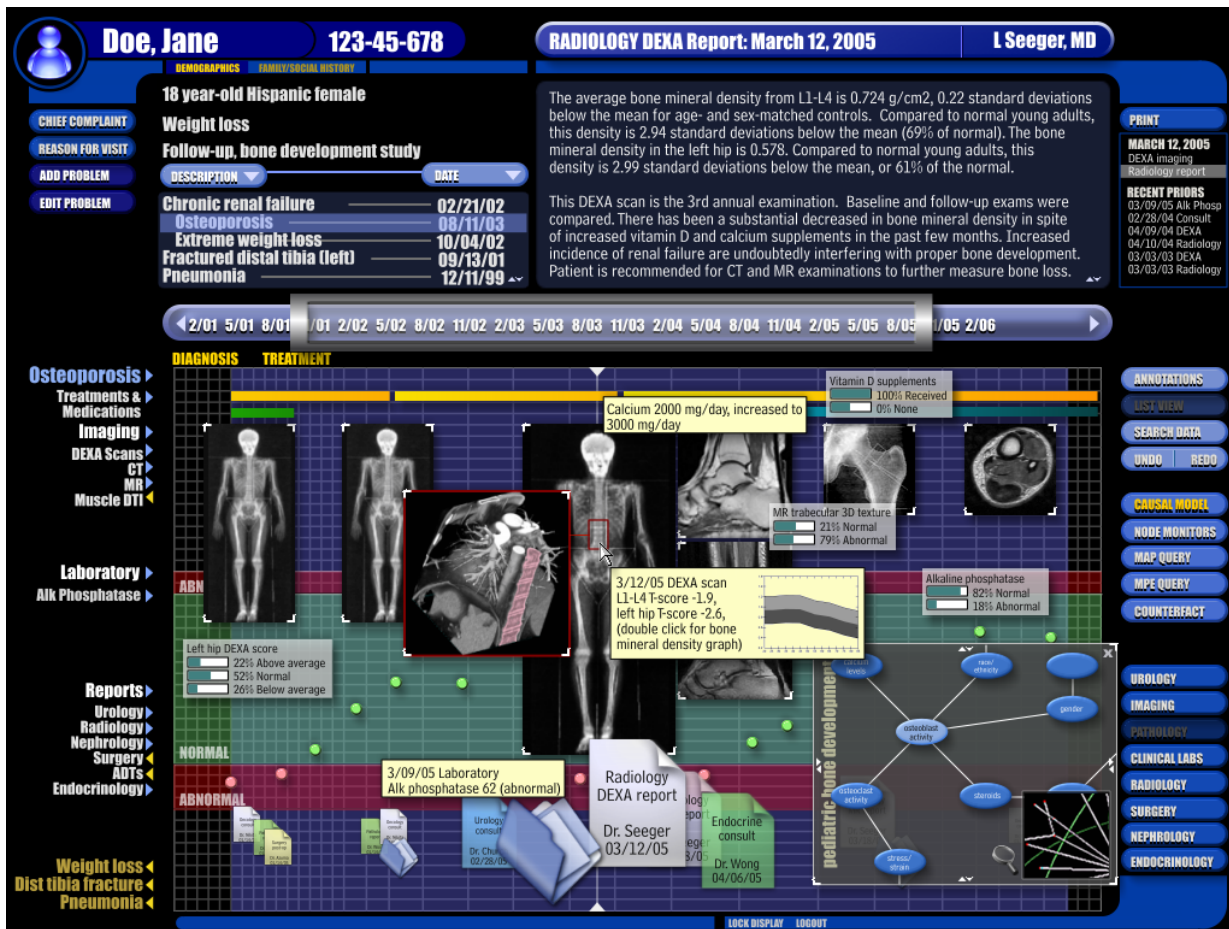


Abbildung 14. Screenshot der „TimeLine“-Anwendung [Copyright UCLA, USA]

Zuletzt wird in dem Artikel die Anwendung „Asbruviev“ [57] der Technischen Universität Wien von 1999 vorgestellt. Die Besonderheit hier ist eine 3D-Ansicht, um Zusammenhänge bei Behandlungsplänen darzustellen.

OP-optimierte Darstellung

Am Beispiel der minimalinvasiven Wirbelsäulenchirurgie wurde in [58] an der University of Southern California ein EPA-System entwickelt, dass auf zwei 52 Zoll Bildschirmen im Operationsaal Patienteninformationen zur Verfügung stellt. Auf einem Bildschirm werden die präoperativen Planungsdaten angezeigt, auf einem weiteren intraoperative Daten wie beispielsweise Hämodynamik, Aufnahmen vom C-Bogen oder vom Endoskop. Die Daten werden per Videorouting auf dem Bildschirm visualisiert (Abbildung 15).

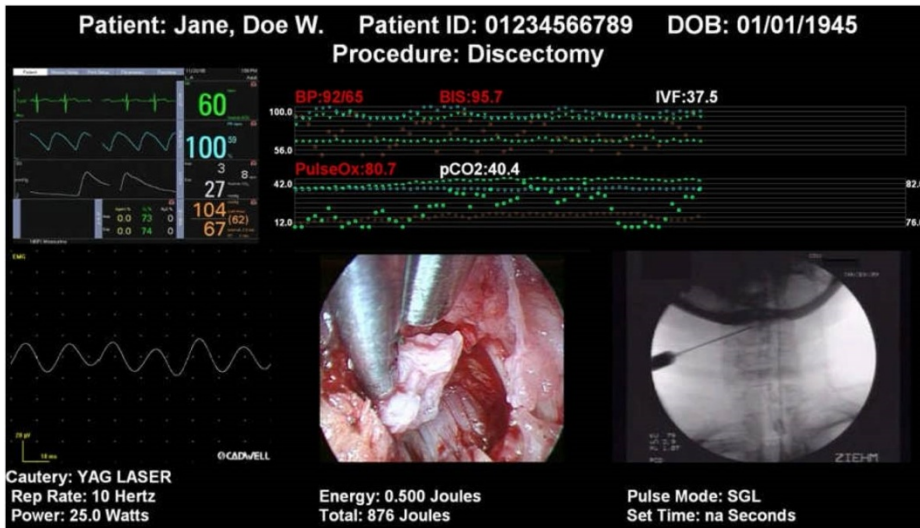


Abbildung 15. Ein fiktives Beispiel der intraoperativen Live-Darstellung von Patientendaten wie sie in [58] auf einem großen Bildschirm im Operationssaal angezeigt wird. Oben befinden sich zwei Videostreams der Anästhesiegeräte, darunter links ein EMG, in der Mitte das Endoskopvideo und rechts die Durchleuchtung mit dem C-Bogen. Ganz unten finden sich die Betriebsdaten eines chirurgischen Lasers. [Copyright J. Documet, University of Southern California]

Die Softwareanwendung „OR-Dashboard“ von der Firma LiveData[2] zeigt relevante Daten in Abhängigkeit von vier Phasen an: Vorbereitung (Vorhandene Instrumente, Implantate,), Timeout (Fragebogen zur Sicherstellung von Patient und OP-Indikation), Intraoperativ (Anzeige von Live-Daten, wie beispielsweise Herzrate oder Sauerstoffgehalt im Blut, siehe Abbildung 16) und Eingriffsende (Verbrauchtes Material, zu verständigende Angehörige). Mit der sogenannten LiveData RTI (Real Time Data Integration, Echtzeitintegration von Daten) erhält das System Zugriff auf eine große Anzahl von medizinischen Geräten im Operationssaal.



Abbildung 16. Bildschirmfoto des "OR-Dashboard" von LiveData [http://www.livedata.com/images/stories/dashmed_photo.jpg]

Um speziell auf das chirurgische PACS zugreifen zu können, wurde das Produkt „Digital Light Box“ (Fa. Brainlab AG, Feldkirchen) entwickelt [9]. Mit Hilfe einer Multitouchoberfläche können durch Gesten durch die präoperativen radiologischen Volumendatensätze aus beispielsweise CT oder MR navigiert werden. Die Oberfläche ist in Abbildung 17 zu sehen.



Abbildung 17. Das Produkt „Digital Light Box“ zur Navigation in radiologischen Bilddaten (Copyright Brainlab)

1.2.8 STANDARDISIERUNG

Ein EPA-System hat im Idealfall Zugriff auf alle Informationen, welche über den Patienten vorliegen. Neben der Voraussetzung, dass diese Daten in elektronischer Form vorliegen müssen, ist der Zugriff auf die Informationssysteme, welche die Daten vorhalten, erforderlich. Aufgrund der technischen Entwicklung seit der Einführung von EDV in Krankenhäuser haben sich mehrere, getrennt voneinander arbeitende, Informationssysteme herausgebildet. Um diese Produkte, welche meist von unterschiedlichen Herstellern stammen, zuverlässig ansteuern zu können, ist der Einsatz von medizinischen Kommunikationsstandards notwendig. Der Anwender ist hierbei darauf angewiesen, dass die Hersteller der Informationssysteme etablierte Standards unterstützen.

Interoperabilität

Unter dem Begriff „Interoperabilität“ versteht man die Fähigkeit aller Sub-Systeme innerhalb eines Gesamtsystems (z. B. dem Operationssaal) miteinander durch offengelegte Spezifikationen zu kommunizieren. Dadurch sind einzelne Systeme (Geräte oder Informationssysteme) austauschbar. Der Begriff ist nicht zu verwechseln mit „Integration“. Ein integriertes System fasst mehrere Komponenten zusammen. Diese können untereinander kommunizieren, jedoch ist eine einzelne Komponente nicht in der Lage, außerhalb ihres Systems (z. B. OP-Suite eines Herstellers) mit anderen Komponenten zu kommunizieren. Ein integriertes System ist normalerweise ein geschlossenes System.

Im Internet finden sich auf [59] mehrere englisch-sprachige Definitionen des Begriffs. Von der National Alliance for Health Information Technology (NAHIT, 2009 aufgelöst) wurde folgende vorgeschlagen:

In healthcare, interoperability is the ability of different information technology systems and software applications to communicate, to exchange data accurately, effectively, and consistently, and to use the information that has been exchanged

(Im Gesundheitswesen gewährleistet Interoperabilität die Kommunikation, den exakten Datenaustausch, Effektivität, Konsistenz und die Möglichkeit zur Weiterverarbeitung der erhaltenen Daten zwischen unterschiedlichen IT-Systemen und Softwareanwendungen.)

Vorteile von Standardisierung im Allgemeinen

Grundsätzlich bietet Standardisierung durch Vereinheitlichung der Geräte- und Softwareschnittstellen dem Anwender Vorteile. Alle Komponenten eines Gesamtsystems, welche denselben Standard unterstützen, können miteinander verbunden werden. Im speziellen Fall der EPA handelt es sich bei den Komponenten in erster Linie um Informationssysteme zur Speicherung von Patientendaten und bei dem System um das Klinik-Netzwerk.

Standardisierte Schnittstellen führen zu einer höheren Langzeitverfügbarkeit der Produkte. Einerseits können Hersteller, solange sie den Standard einhalten, ihre Schnittstelle nicht einfach ändern, da der Standardisierungsprozess dies nicht zulässt. Auf der anderen Seite kann man mit hoher Wahrscheinlichkeit auch noch Komponenten beziehen, wenn ein Hersteller insolvent gegangen ist, da normalerweise mehrere Hersteller vergleichbare Produkte anbieten. Der Anwender profitiert durch die Standardisierung auch von geringeren Kosten, denn durch die freie Wahl des Herstellers entsteht mehr Wettbewerb. Wird die Entwicklung neuer Komponenten in Auftrag gegeben, ersetzt der Hinweis auf einen einzuhaltenden Standard zeitraubende und fehleranfällige Spezifikationsarbeit der Schnittstelle.

Kommunikation am Beispiel des Operationssaals

Abbildung 18 soll beispielhaft verdeutlichen, welche Informationssysteme für ein EPA-System im OP von Bedeutung sind. Viele Geräte, vor allem zur radiologischen Bildgebung, bieten die Möglichkeit, Bilder im DICOM-Format auf einem PACS zu speichern. Den Bildern werden dabei Metadaten wie Patientendaten, Gerätedaten oder Zeitpunkt der Aufnahme hinzugefügt. Die häufigsten in der HNO-Chirurgie genutzten DICOM-Bilder stammen von Endoskop / Mikroskopaufnahmen oder von Computertomographen.

Die DICOM-Worklist wurde entwickelt um im radiologischen Workflow festzulegen, wann welcher Patient von welchem Gerät untersucht wird. Dadurch muss nicht an jedem Gerät der untersuchte Patient manuell eingegeben werden, die Termine werden verwaltet und die gleichmäßige Auslastung der Geräte sichergestellt. Die Technik der DICOM-Worklist wird gerne auch dafür verwendet, die Informationssysteme darüber zu unterrichten, welcher Patient sich gerade in welchem Operationssaal befindet. Mit dieser Information ist ein EPA-System in der Lage, automatisch die Akte des aktuellen Patienten aufrufen.

Alternativ, bzw. zusätzlich kann ein in einem Armband des Patienten befindlicher RFID-Transponder beim Passieren des OP-Eingangs ausgelesen und die Identität des Patienten an die entsprechenden Informationssysteme gesendet werden.

Medizinische Daten, beispielsweise Krankheitsverlauf oder ausführliche Patientenstammdaten, werden oft in gesonderten Systemen verwaltet. Falls diese überhaupt eine Software-Schnittstelle besitzen, dann meist HL7. In manchen Fällen ist auch die SQL-Datenstruktur offengelegt, so dass man direkt darauf zugreifen kann. Dieser Zugriff müsste aber für jede Klinik, bzw. jedes KIS neu angepasst werden.

Bilddateien, welche beispielsweise in einem Netzlaufwerk gespeichert sind, können auf manuellem Wege Metadaten zugewiesen werden.

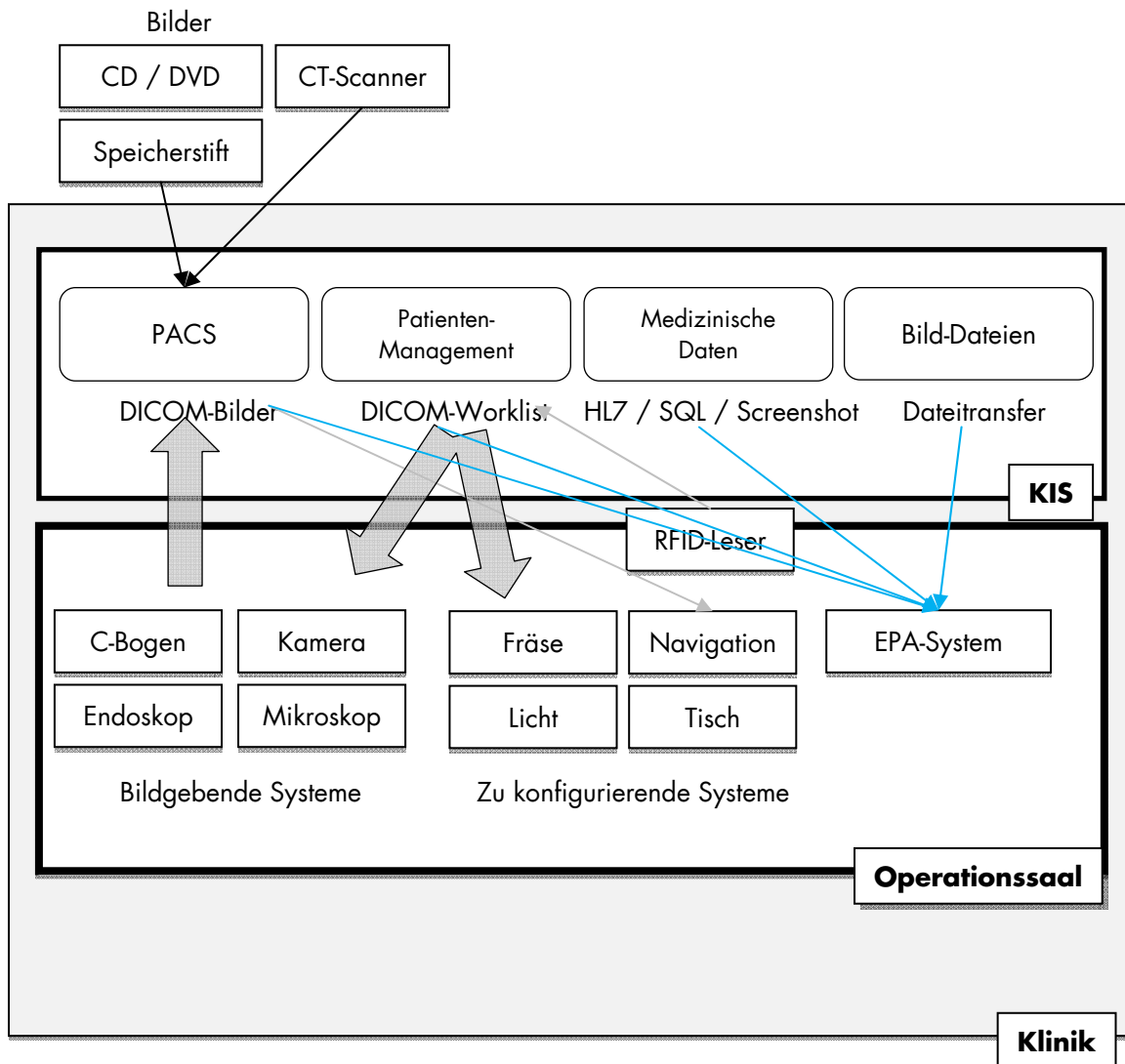


Abbildung 18. Beispielhafte Darstellung unterschiedlicher Informationssysteme und Geräte, welche für die EPA relevante Daten bereitstellen

Medizinische Standards

Eine ganze Reihe medizinischer Standards ermöglicht das Speichern und Übertragen von Patientenakten, bzw. Teilen davon. Die wichtigsten Standards sollen in Tabelle 3 kurz vorgestellt werden.

Tabelle 3. Übersicht über für die elektronische Patientenakte relevanten Standards

Kurzform	Name	Anwendungsgebiet	Quelle
SNOMED	Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine	Maschinenlesbare Nomenklatur für Patientenakten	[16]
LOINC	Logical Observation Identifiers, Names and Codes	Terminologie für Labordaten, seit 1997 Teil von SNOMED	[60]
ICD	International Classification of Diseases	Kodierung von Diagnosen, in Deutschland ICD-10 GM	[61]
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel	Verschlüsselt auf Basis von ICD-10 GM operationelle Prozeduren für die Leistungssteuerung	[62]
DRG	Diagnosis Related Groups	Klassifikationssystem, zur Abrechnungen beim Kostenträger	[63]
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine	Radiologische Historie, beschreibt: die Kommunikation zwischen Geräten, eine Terminologie, Dateiformate, den Zugriff über http, Plug-Ins für DICOM-	[64]
ASTM CCR	Continuity of Care Record	Patienten- oder Gesundheitsakte	[65]
HL7	Health Level 7	Klinik-übergreifenden Austausch von medizinischen- und Verwaltungsdaten	[66]
HL7 CDA	Clinical Document Architecture	Austausch von klinischen Dokumenten	[67]
HL7 CCD	Continuity of Care Document	Vorteile von CCR und CDA verbunden	[68]
ISO/IEEE 11073	-	Übertragung von Geräte- und Vitaldaten	[69]
GDT	Gerätedatentransfer	Datenaustauschformate für niedergelassene Ärzte	[70]
IEC 80001	-	Qualitätsmanagement für Krankenhausbetreiber und Gerätehersteller	[71]

Initiativen

Es gibt mehrere Initiativen und Forschungsgruppen, die sich mit für den Operationssaal relevanten Standards beschäftigen oder beschäftigt haben. Die folgende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In Tabelle 4 werden die für den OP relevanten Initiativen, sowie die in Deutschland tätigen Forschungsgruppen erwähnt.

Tabelle 4. Übersicht über für die elektronische Patientenakte im OP relevanten Initiativen

Kurzform	Name	Beschreibung	Quelle
IHE	Integrating the Health-care Enterprise	Richtlinie zum optimierten Einsatz etablierter Kommunikationsstandards wie DICOM oder HL7	[72]
MDPnP	Medical Plug and Play	Plug-and-Play, speziell für die Geräte der Anästhesie	[73]
-	Continua Health Alliance	Fördert Kommunikationsstandards für Personal Healthcare	[74]
WG-24	DICOM Working Group 24	Anforderungen computergestützter Chirurgie in DICOM einbringen	-
SOMIT	Schonendes Operieren mit innovativer Technik	Forschung und Industrie arbeiteten von 2005 – 2010 an mehr Interoperabilität im OP	[75] [76]
SmartOR	-	Kommunikations- und Netzwerkarchitekturen für den modularen adaptierbaren integrierten OP-Saal der Zukunft	-
TeKoMed	Technologische Kompatibilität in der Medizintechnik durch Serviceorientierte Architekturen	Realisierung sicherer und zuverlässiger Echtzeitkommunikation sowie Modellierung und automatisierte Umsetzung von Prozessabläufen im OP auf Basis einer Serviceorientierten Architektur (SOA)	[77]
HIMMS	Healthcare Information and Management Systems Society	Setzt sich für den verbesserten Einsatz von Informationstechnologie im Gesundheitssystem ein	[78]

2 AUFGABENSTELLUNG

Ziel dieser Arbeit ist es, am Beispiel der HNO-Chirurgie die Akzeptanz eines intraoperativ zugänglichen EPA-Systems zu bewerten, welche die komplette Patientenakte bereitstellt.

Den Schwerpunkt bilden Studien über das Nutzungsverhalten des Operateurs im klinischen Alltag. Zusätzlich sollen die Möglichkeiten der sterilen Bedienung, der Darstellungskonzepte, sowie die Interoperabilität beschrieben werden.

- **Nutzungsverhalten:** Zeitpunkt, Grund und Häufigkeit der Nutzung eines EPA-Systems.
- **Sterile Bedienung:** Verfügbare Technologien und deren Einsatz im Operationsaal.
- **Darstellung:** Auf den Operationsaal angepasste Gestaltung und Anordnung der Dokumente der Patientenakte, um eine möglichst schnelle Auffassung durch den Chirurgen zu garantieren.
- **Standardisierung:** Möglichkeiten und zukünftige Anforderungen an Standards um den Zugriff eines EPA-Systems auf alle verfügbaren Patientendaten aus unterschiedlichen Systemen zu ermöglichen.

Dazu soll mit der Evaluierung eines berührungslos steuerbaren Prototypen begonnen werden. Anschließend ist aufbauend auf diesen Erfahrungen ein weiteres EPA-System zu entwickeln, welches die automatische Anordnung der für relevant befundenen Dokumente auf dem Bildschirm in Abhängigkeit des aktuellen Eingriffs vornimmt. Grundlage für die Entwicklung ist die umfassende Kenntnis steriler Bedien- und Darstellungsmöglichkeiten medizinischer Daten. Um zu bewerten, ob ein EPA-System mittelfristig Zugang zu sämtlichen verfügbaren Patientendaten erhalten könnte, was eine Grundvoraussetzung für die kommerzielle Verwertung darstellt, ist eine Analyse der relevanten medizinischen Kommunikationsstandards notwendig.

3 MATERIALIEN UND METHODEN

Es wurden zwei Studien durchgeführt. Im Zuge der ersten Studie wurde der berührungslos steuerbare Prototyp „MI-Report“ evaluiert, für die zweite Studie wurde das System „Doc-O-R“ entwickelt und bewertet.

3.1 KLINIK

Die Studien wurden im IRDC (International Development and Reference Centre for Surgical Technology) [79] durchgeführt. Es handelt sich um eine ambulante Klinik mit zwei Operationssälen und mehr als 2000 operativen Eingriffen pro Jahr, davon 1300 im Bereich HNO. Bei den untersuchten Eingriffen handelte es sich um ambulante Operationen an Hals, Nase und Ohr. Eine Beschreibung der häufigsten Eingriffe ist Anhang B zu entnehmen.

3.1.1 TECHNISCHER STAND

Die Klinik arbeitet ausschließlich mit einer EPA, eine Papierakte existiert nicht. Benutzt wurden die zu untersuchenden EPA-Systeme in der Hauptsache von einem Chirurgen mit zu diesem Zeitpunkt 13 Jahren Erfahrung in der HNO-Chirurgie.

Das KIS stammt von der Firma MEDISTAR Praxiscomputer GmbH und trägt ebenfalls den Namen „Medistar“. Es ermöglicht eine umfassende Verwaltung der Patienten. Für die Durchführung der Studien wurden aus dem Medistar die Dokumente als Bilder exportiert, sowie ein Bildschirmfoto der medizinischen Daten des Patienten gespeichert (Dokument „KIS-Übersicht“, siehe Kapitel 3.3).

Bevor ein Operateur den Operationssaal betritt, besteht im IRDC die Möglichkeit, sich die Patientenakte an einem Terminal im Operationstrakt anzusehen. Gesteuert wird dieses mit einem leicht zu reinigendem Trackball.

Während der Studie war es dem Operateur bereits beim Betreten des Saals möglich, auf dem zentral positionierten 52 Zoll großen Bildschirm die Bildschirmausgabe des EPA-Systems zu sehen (Abbildung 20).

3.1.2 ABLÄUFE IM IRDC

In Hinblick auf ein EPA-System im OP sind die Abläufe und Ortswechsel des Chirurgen zu beachten. Nur durch Kenntnis, wann welche Patientendaten an welchem Ort betrachtet werden können, lässt sich ein EPA-System für den Operationssaal optimieren.

Prozesse rund um einen chirurgischen Eingriff werden als perioperative Prozesse bezeichnet. Diese lassen sich aus Sicht des Patienten oder aus Sicht des OP-Managements betrachten. Im Folgenden werden beide Sichtweisen dargestellt (Abbildung 19). Aufbau und Weg des Chirurgen ist zur besseren Veranschaulichung in Abbildung 20 zu sehen. Eine Verallgemeinerung von dieser Abbildung ist in Anhang C aufgeführt.

Patienten-spezifisch: Bevor sich der Patient im Saal auf dem Tisch befindet und dessen Akte auf einem großen Bildschirm über ihm angezeigt wird, findet eine Reihe von Prozessen statt. Diese beginnen mit dem ersten Anlegen einer Fallakte bei der Aufnahme. Da in der EPA die Dokumente in digitaler Form gespeichert werden müssen, existieren mehrere Möglichkeiten, diese in die Akte aufzunehmen. Entweder eine Untersuchungssoftware exportiert das Untersuchungsergebnis in einem standardisierten Format (z. B. DICOM, HL7) oder als Bildschirmfoto. In beiden Fällen liegt das Com-

puter-generierte Dokument direkt in digitaler Form vor. Wird ein standardisiertes Format verwendet, finden sich bereits Metadaten, wie beispielsweise die demographischen Daten des Patienten oder der Zeitpunkt der Erstellung mit im Dokument. Akten in Papierform müssen dagegen erst mit einem Scanner digitalisiert werden. Ohne den Einsatz spezieller OCR-Software (zum Extrahieren von Text aus Bildern) können hierbei keinerlei Metadaten automatisch bestimmt werden, es müssten per Hand die Patientendaten und der Dokumenteninhalte eingegeben werden. Folgende Schritte finden vereinfacht statt (gilt nicht für Notfälle):

- 1) Vorstellung oder Überweisung des Patienten
- 2) Internistische und allgemeine Untersuchung (Anamnese)
- 3) Anästhesie Gespräch (Unverträglichkeiten)
- 4) Kurzvorstellung am Tag vor der Operation
- 5) Studium der Akte, bevor Eingriff beginnt
- 6) Eingriff
- 7) Verfassen des OP-Berichts
- 8) Wiedervorstellung zur Kontrolle

Operationssaal: Mehrere Tage vor dem Eingriff wird der OP-Plan erstellt. Darin wird festgelegt, welcher Patient zu welchem Zeitpunkt welchem Eingriff unterzogen wird. Besondere Merkmale, wie beispielsweise Allergien, Vorerkrankungen oder regelmäßige Medikamenteneinnahme des Patienten sind ebenfalls verzeichnet. Eine kurzfristige Umstellung in der Reihenfolge ist stets zu berücksichtigen. Wenige Minuten vor Ende einer Operation wird der nächste Patient von der Anästhesie bestellt. Ist die vorherige Operation abgeschlossen, verlässt der Chirurg den Saal und der Patient wird in einen Aufwachraum verbracht. Der Saal wird gereinigt und anschließend der nächste Patient in den Saal gebracht. Der Anästhesist verifiziert den Patienten mit dem OP-Plan und versetzt ihn entsprechend dem Anästhesieprotokoll in Narkose. Kurz bevor die Narkose wirkt, wird der Chirurg verständigt. Dieser hat im Vorfeld die Patientenakte eingehend studieren können. Ein letzter Blick ist normalerweise noch im OP-Bereich möglich, bevor der Chirurg steril eingekleidet wird.

- 1) Patient wird laut OP-Plan bestellt
- 2) Vorheriger Patient wird in Aufwachraum verbracht
- 3) Patient wird in OP gebracht
- 4) Patient wird narkotisiert, Anästhesiegespräch wird ausgewertet
- 5) Chirurg verinnerlicht Patientenakte in Büro oder OP-Bereich (Studium der Akte bevor OP beginnt)
- 6) Chirurg wird steril gemacht
- 7) Operation wird durchgeführt
- 8) Nächster Patient wird bestellt
- 9) Verfassen des OP-Berichts

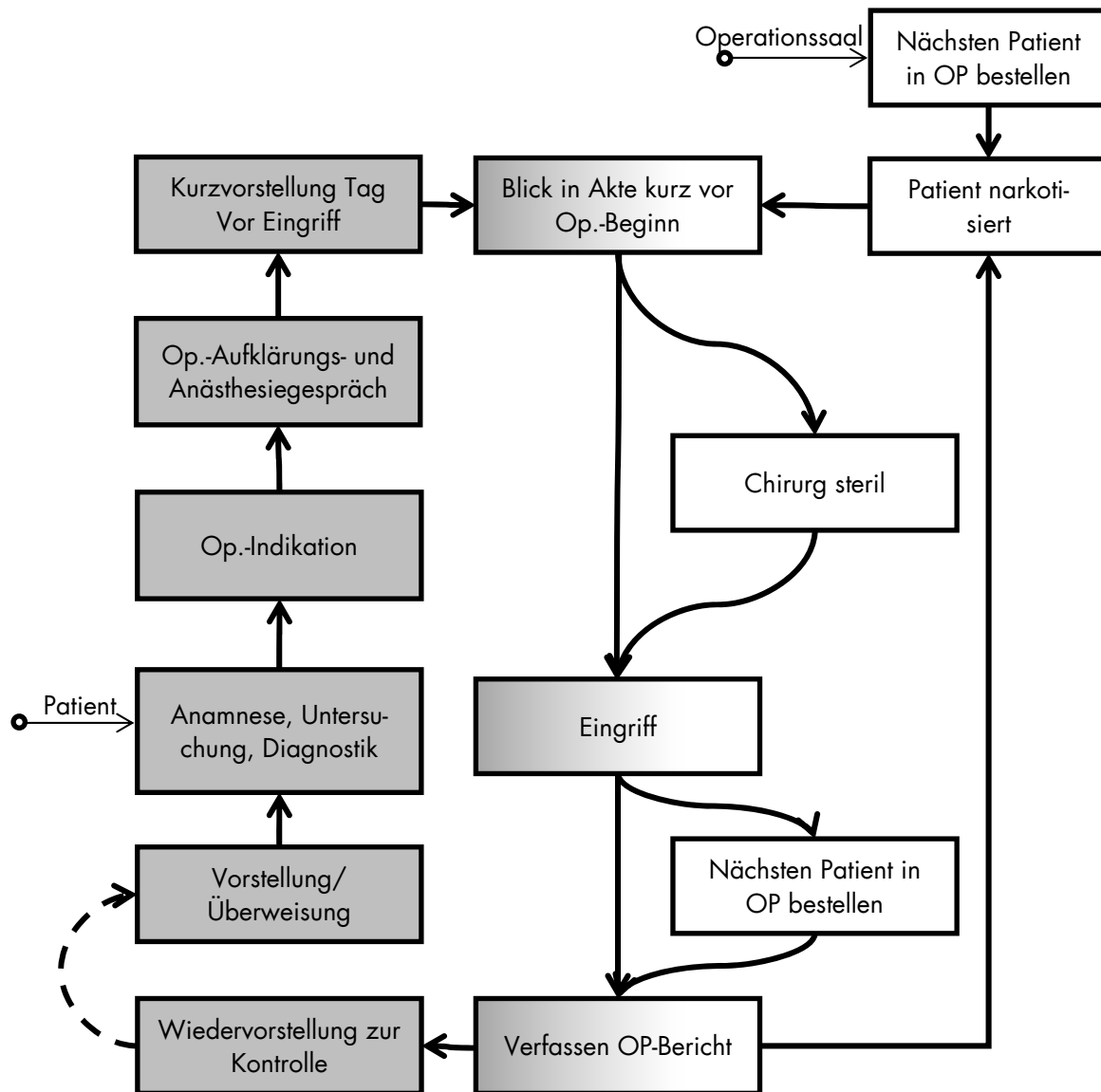


Abbildung 19. Übersicht über Arbeitsabläufe am Patienten (linke Seite) und im OP (rechte Seite)

3.2 PROTOKOLLIERUNG

Ein Protokollant nahm mit Stift und Zettel und teilweise unter Zuhilfenahme spezieller Workflowsoftware das Verhalten des Operators, die Phase des Eingriffs und das betrachtete Dokument auf und fragte nach dem Grund der Nutzung. Eine automatische Protokollierung war nicht möglich, da eine Nutzung des EPA-Systems bereits stattfindet, wenn der Operateur ein dargestelltes Dokument betrachtet.

Zusätzlich wurde die Nutzung der Systeme durch Videoaufnahmen des Saals und des Endoskops / Mikroskops protokolliert, um bei Unklarheiten während der Auswertung nachträglich Aufschluss über die Art der Nutzung des EPA-Systems und die Phase, in welcher die Nutzung stattfand, zu erhalten.

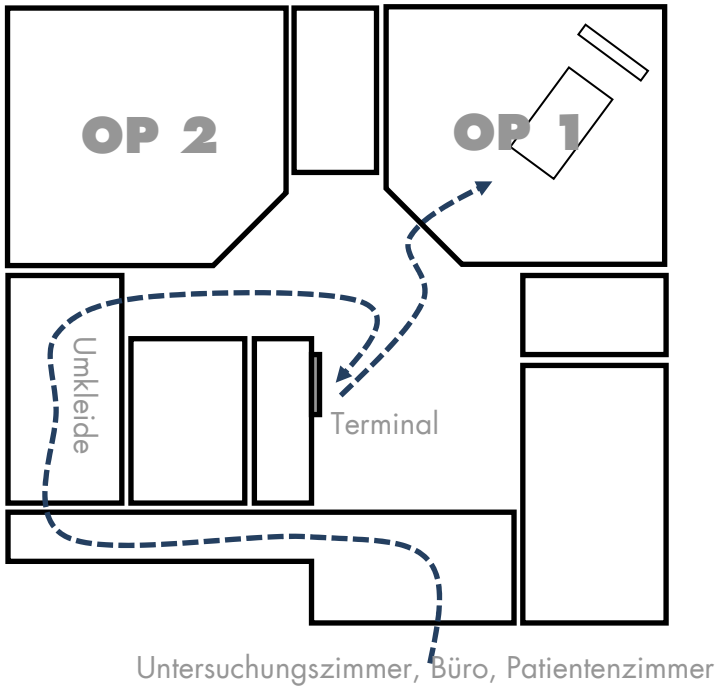


Abbildung 20. Schematischer Aufbau des Operationstraktes und Weg des Chirurgen zum Patienten

3.3 VERWENDETE DOKUMENTE

Die in der Patientenakte vorhandenen Dokumente resultieren aus einer Vielzahl von Untersuchungsmethoden. Im Folgenden wird erläutert, mit welchen Verfahren die in der Studie aufgetretenen Dokumente erstellt werden und welche Informationen diese enthalten. Aus Anhang B kann entnommen werden, welche Informationen in Abhängigkeit des Eingriffs von Bedeutung sind, Grundlagen über Hals, Nase und Ohr sind in Anhang A zu finden.

3.3.1 KIS-ÜBERSICHT

Verfahren: Da die beiden in dieser Arbeit evaluierten EPA-Systeme bildbasiert arbeiten, konnten im Falle des „MI-Report“ die medizinischen Daten nicht als Text importiert werden, sondern nur als Bild. Die Anwendung „Doc-O-R“ konnte ebenfalls nicht auf die Datenbank zugreifen, da diese aus Sicherheitsgründen vor Zugriffen geschützt war. Deshalb wurde das Bildschirmfoto der medizinischen Daten aus dem lokalen KIS als „KIS-Übersicht“ bezeichnet (Abbildung 21). Der Name ist somit kein gebräuchlicher Begriff und ist nur für die anschließend vorgestellten Studien von Bedeutung.

08.12.2010	B	E	Patient vorstellig wegen NAB, habe tränende Augen. Bitte DR
	B	E	Sickert FESS bei chron polypöser pansinusitis
	B	D	Sinusitis chronica beiderseits
	B	D	Polyposis
	B	D	Septumdeviation
21.02.2011	F	E	Seit 3 Wo. rezidivierender kurzfristiger Drehschwindel besonders
	F	E	beim Kopfdrehen.
	F	D	Vestibularisstörung re.

Abbildung 21. Beispiel für den Screenshot aus dem lokalen KIS, der sogenannten „KIS-Übersicht“

Aussage: Die KIS-Übersicht gibt einen Überblick über den aktuellen Fall.

Wichtig für den Chirurgen: Blick auf die OP-Indikation, wenn der intraoperative Befund vom ursprünglichen Befund abweicht. Weiterhin eventuelle Besonderheiten des Patienten.

3.3.2 AUDIOGRAMM

Untersuchungsverfahren: Im Versuch wird dem Patient über Kopfhörer ein Ton mit fester Frequenz zugeleitet. Die Lautstärke wird dabei langsam erhöht, bis der Patient den Ton wahrnehmen kann. In diesem Moment muss er ein Signal geben, und der entsprechende Wert wird notiert. Dieses Verfahren wird für mehrere Frequenzen wiederholt, so dass ein entsprechendes Diagramm entsteht. Die Linie wird durchgezogen gezeichnet, das rechte Ohr mit Kreisen und das linke Ohr mit Kreuzen markiert (Abbildung 22). Zusätzlich wird die Knochenleitung gemessen indem anstatt eines Kopfhörers ein sogenannter Knochenleitungshörer an den Warzenfortsatz (Mastoid, Abbildung 52) des Schädels aufgesetzt wird. Dieser Knochenleitungshörer lässt sich mit einem Lautsprecher ohne Membran vergleichen.

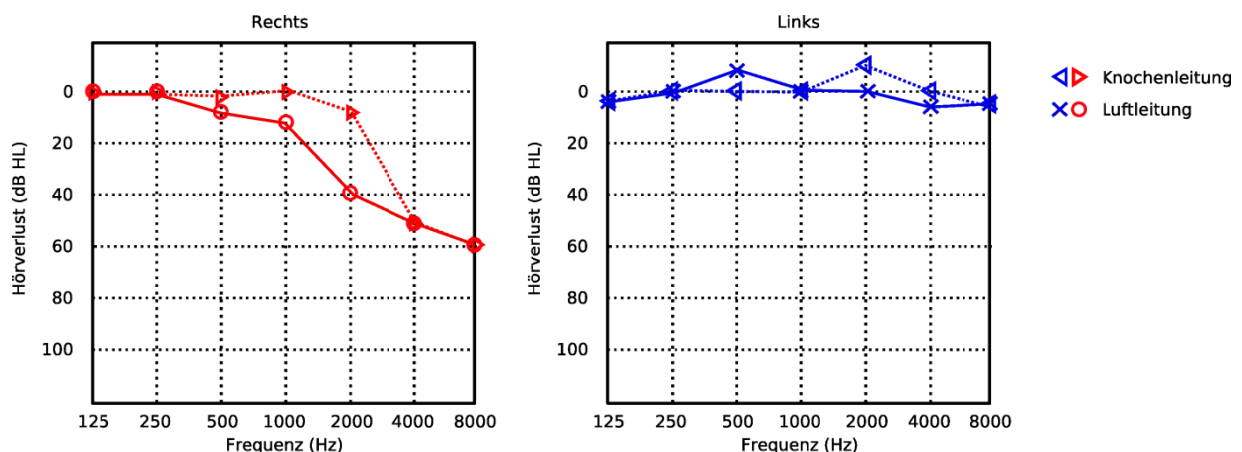


Abbildung 22. Diagramm einer audiometrischen Untersuchung (Tonaudiometrie)

Aussage: Im Tonaudiogramm werden zwei Kurven dargestellt: Eine mit spitzen Klammern markierte Kurve gibt Auskunft über die Knochenleitung, eine mit Kreisen, bzw. Kreuzen markierte Kurve über

die Luftleitung. Aus dem Verlauf der beiden Kurven zueinander kann man Informationen über die Schallweiterleitung gewinnen. Ist die Luftleitung schlechter als die Knochenleitung, kann von einem intakten Innenohr ausgegangen werden, jedoch funktioniert die Schalleitung im Mittelohr vom Trommelfell über die Ossikelkette zum ovalen Fenster nicht mehr einwandfrei. Sind Luftleitung und Schalleitung identisch, funktioniert das Mittelohr. Ist der Graf horizontal, liegt eine Normalhörigkeit vor, sinkt er ab eine Schallempfindungsstörung. Sind sowohl Luftleitung als auch Knochenleitung in Ordnung, spricht man von Normalhörigkeit. Ist die Luftleitung geringer als die Knochenleitung deutet dies darauf hin, dass die Übertragung im Mittelohr schlecht funktioniert, im Innenohr jedoch gut. Dies wird als Schalleitungsschwerhörigkeit bezeichnet. Wenn allerdings beide, Luftleitung und Knochenleitung identische, schlechte Ergebnisse zeigen, liegt eine Schallempfindungsstörung vor. Sind beide Schalleitungen schlecht, aber nicht identisch, handelt es sich um eine „kombinierte Schwerhörigkeit“. Eine wannenförmige Senke der Knochenleitungskurve im Bereich 1 – 4 kHz bei intaktem Trommelfell ist charakteristisch für Otosklerose. Eine Senke im tiefen und mittleren Frequenzbereich deutet auf Morbus Menière hin. Häufig im Alter ist Presbyakusis, welche durch einen Hochtonabfall abgelesen werden kann. Die 4 kHz-Senke (C5-Senke) wird meist durch traumatischen Hörverlust hervorgerufen. Eine Senke bei 1,5 kHz der Knochenleitung (Carhart-Senke) verbunden mit Schalleitungsschwerhörigkeit ist charakteristisch für Otosklerose.

Wichtig für den Chirurgen: Wenn das Innenohr nicht mehr funktionsfähig ist, ist die Rekonstruktion des Mittelohrs überflüssig, es kann radikaler operiert werden. Wenn das nicht zu operierende Ohr sich ebenfalls in einem sehr schlechten Zustand befindet, kann ein erhöhtes Risiko zur Wiederherstellung des Hörvermögens in Kauf genommen werden. Eine Schalleitungsschwerhörigkeit gibt u. a. Hinweis auf Mittelohrentzündung (Otitis media acuta und chronica) oder Mastoiditis. Eine Luftleitungsschwerhörigkeit gibt einen Hinweis auf ein Cholesteatom. Interessant auch bei NNH-Ops: Wenn das Audiogramm in Ordnung ist, muss der hintere Teil des Septums nicht auch noch gerichtet werden. Umgekehrt gibt ein Blick auf das Audiogramm bei einer starken Septumdeformation Aufschluss darüber, ob dies auch Auswirkungen auf die Ohren hatte.

Zum Schließen eines Loches im Trommelfell ergeben sich während des Eingriffs zwei Optionen: Durch Faszie oder durch Knorpel. Knorpel ist stabiler, vermindert das Hörvermögen jedoch stärker. Mittels des Audiogramms kann nun anhand des vorhandenen Hörvermögens beider Ohren eine Entscheidung getroffen werden. Ist das Hörvermögen bereits reduziert, wird normalerweise Knorpel verwendet.

3.3.3 TYMPANOGRAMM

Untersuchungsverfahren: Bei der Tympanometrie (Impedanzmessung) wird die Schwingungsfähigkeit des Trommelfells bei unterschiedlichen Druckverhältnissen ermittelt. Am besten schwingt das Trommelfell, wenn der Druck innen und außen identisch ist. Gemessen wird über eine Sonde, welche in den äußeren Gehörgang eingeführt wird und diesen luftdicht abschließt. Die Sonde ist in der Lage, gleichzeitig die Druckverhältnisse zu ändern, Schallwellen auszusenden und deren Reflektionen vom Trommelfell zu messen. Je besser das Trommelfell schwingt, desto mehr Schwingungen werden durch das Trommelfell absorbiert, desto weniger werden reflektiert. Umso gespannter das Trommelfell, desto höher der reflektierte Anteil (Abbildung 23).

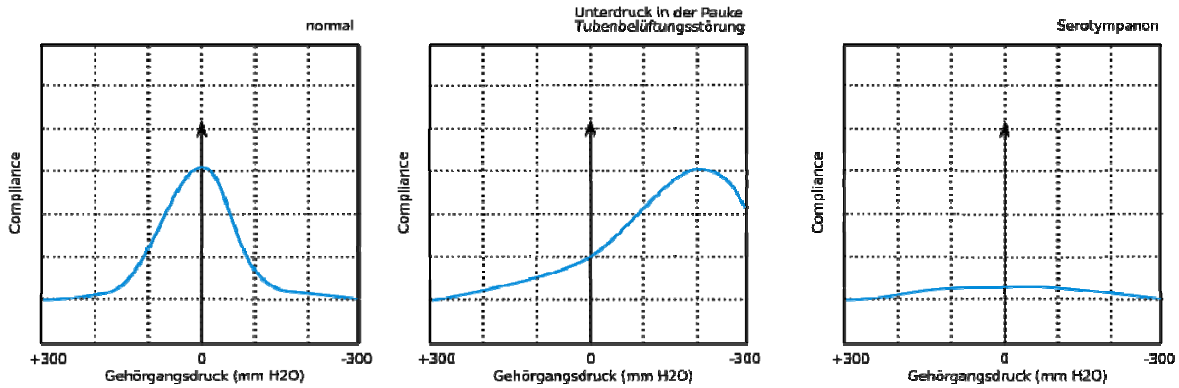


Abbildung 23. Charakteristische Impedanzkurven einer Tympanometrie

Aussage: In das Diagramm wird nach oben die Beweglichkeit des Trommelfells aufgetragen, die ihr Maximum hat, wenn der Druck im Mittelohr dem im Außenohr entspricht. Auf der Abszisse wird der im Außenohr künstlich erzeugte Druck angegeben. Befindet sich das Maximum der gemessenen Kurve beispielsweise im negativen Bereich, bedeutet dies, dass im Mittelohr ein Unterdruck herrscht. Durch das Erzeugen des Unterdrucks im Außenohr wurde das vorher nach innen gezogene Trommelfell in seine Sollposition gebracht, welche am wenigsten Reflexionen verursacht. Atemsynchrone Trommelfellbewegungen im Tympanogramm geben einen Hinweis auf das Syndrom der offenen Tube, häufig ausgelöst durch exzessiven Gewichtsverlust.

Wichtig für den Chirurgen: Verhalten des Trommelfells beim Schneiden. Information, ob ein Paukenerguss (Serotympanon) im Mittelohr zu erwarten ist. Beispiel: Wenn Unterdruck herrscht, wird zusätzlich Knorpel auf eine Prothese gebracht.

3.3.4 BLUTWERTE

Untersuchungsverfahren: Der behandelnde Arzt sendet frühestens eine Woche vor dem Eingriff, normalerweise am Tag vor der OP, eine Blutprobe des Patienten an ein Labor (Abbildung 24).

Anford.-Nr.	[REDACTED]		
Name	[REDACTED]		
→ Patient	[REDACTED]		
Eingang am	01.12.10		
Bericht vom	01.12.10		
Probenmaterial Citratblut/Index=01			
Persönliches Profil 4 / 228			
Probenmaterial EDTA-Vollblut/Index=01			
Kleines Blutbild / BB			
Leukozyten	4.4 - 11.3	Gpt/l	6.31 [---*---]
Erythrozyten	4.5 - 5.9	Tpt/l	5.10 [---*---]
Hämoglobin	8.7 - 10.9	mmol/l	9.50 [---*---]
Hämatokrit	0.4 - 0.52		0.44 [---*---]
MCV	80 - 96	fl	86 [---*---]
MCH	1.7 - 2	fmol	1.86 [---*---]
MCHC	20 - 22	mmol/l	21.6 [---*---]
Thrombozyten	150 - 400	Gpt/l	226 [---*---]
Probenmaterial Citratblut/Index=01			
QUICK	70 - 130	%	84.3 [---*---]
Quick / Prothrombinzeit PTZ			
INR	0.8 - 1.2		1.14 [---*---]
Veranlasser:	613272101 → [REDACTED]		

Abbildung 24. Beispiel für ein kleines Blutbild

Aussage: Die Blutsenkungsgeschwindigkeit beschreibt die Senkung der Erythrozyten im Glasröhrchen, nachdem das Blut ungerinnbar gemacht wurde. Eine Abweichung vom Normwert gibt einen Hinweis auf entzündliche Erkrankungen. Wenn die Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG) erhöht ist und im Blutbild (BB) Leukozytose und Linksverschiebung zu erkennen ist, sind das im Zusammenhang mit einer Schalleitungsstörung (Audiogramm) und Verschattungen im Mastoid (Röntgenbilder) Anzeichen für eine Mastoiditis. Die Partial Thromboplastin Time (PTT) gibt Auskunft über eine eventuell vorliegende Gerinnungsstörung.

Wichtig für den Chirurgen: Bei Gerinnungsstörung darf im Normalfall nicht operiert werden.

3.3.5 OP-BERICHT

Hintergrund: Nach jeder Operation fertigt der Chirurg einen Operationsbericht an, in welchem detailliert der Verlauf des Eingriffs beschrieben wird (Abbildung 25). Der OP-Bericht dient der Rechtssicherheit und wird deshalb grundsätzlich nach einem Eingriff angefertigt. Ein internationales oder bundesweit verpflichtendes Schema bezüglich des Aufbaus existiert nicht.

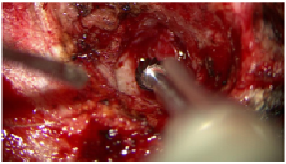

STORZ KARL STORZ ENDOSKOPE		OP Report		ACQUA _{3.11}	
Allgemeine Daten					
Patienten ID					
Nachname					
Vorname					
Geburtsdatum					
OP-Team					
Chirurg					
Co-Chirurg					
1. OPA					
OPA					
Anästhesist					
Anästhesio-Assistent					
Gäste					
Operationsbericht - Zusammenfassung					
Diagnose (ICD)		Otitis media chronica granulomatosa			
Operation		Radikalhöhlenrevision			
Seite		rechts			
Narkose		Intubationsnarkose			
Instrumentation		Ohrsieb			
Besondere Technik		Navigation			
Zusammenfassung		Ausgeprägte Granulationen Mittelohr+ Radikalhöhle. Erweitern der Höhle, Abschleifen der Ränder. Darstellen der Dura. Darstellen ovale Nische. Stapes frakturiert.			
Komplikationen		keine			
Implantate					
Schnittzeit		12:01			
Nahtzeit		12:55			
5331282216189_1					
		Erweitern der RI I			
Erstellt: 19.08.2010 13:15					
Autor: 					

Abbildung 25. Beispiel für einen OP-Bericht, zu sehen ist hier lediglich die erste Seite. Eine Besonderheit bei diesem Beispiel ist das Einbinden von Bildern in den Bericht

Aussage: Alle Beteiligten, sowie Datum und Zeiten sind vermerkt. Die einzelnen Schritte des Eingriffs, sowie eingesetzte Implantate werden ebenfalls darin dokumentiert.

Wichtig für den Chirurgen: Bei rezidiven Eingriffen schnelles zurechtfinden für den aktuellen Eingriff. Abschätzen der individuellen Heilungseigenschaften des Patienten durch Vergleich der Bilder im Bericht mit dem sich darstellenden Op.-Feld.

3.3.6 RHINOMANOMETRIE

Verfahren: Der Patient bekommt eine Atemmaske aufgesetzt. Beim ein- und ausatmen (Inspiration und Expiration) werden der Druckunterschied zwischen Naseneingang und Nasenrachenraum sowie der Volumenfluss gemessen (Abbildung 26).

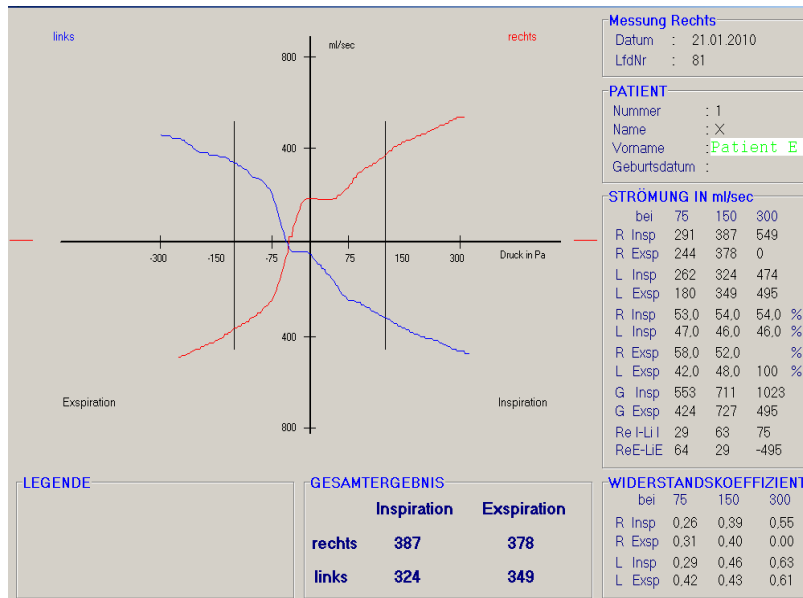


Abbildung 26. Diagramm einer Rhinomanometrie

Aussage: Im Diagramm werden auf der Abszissenachse der Druck und auf der Ordinatenachse der Volumenfluss für beide Seiten des Naseninnenraums aufgetragen. Man erhält Auskunft über die respiratorische Funktion der Nase. Dadurch können Rückschlüsse über Raumforderungen oder den Schwellungszustand der Schleimhaut gezogen werden. Je flacher die Kurve verläuft, desto schwerer die Durchgängigkeit.

Wichtig für den Chirurgen: Zusätzliche Informationsquelle bei der Beurteilung von Art und Umfang einer Septumplastik.

3.3.7 COMPUTERTOMOGRAPHIE

Verfahren: Der Patient wird in eine radiologische Klinik überwiesen. In der Röhre des CT-Gerätes kreisen Röntgendetektor und Röntgenstrahler (Gantry). Währenddessen wird der Patient durch die Röhre bewegt, so dass eine spiralförmige Aufnahme des Patienten entsteht. Aus den einzelnen Röntgenbildern wird nun ein Volumendatensatz errechnet, der wiederum in Schichtbilder beliebiger Ansicht umgerechnet werden kann. Im Vergleich zur Magnetresonanztomographie werden knöcherne Strukturen besonders gut dargestellt, jedoch wird der Patient einer nicht unbeträchtlichen Dosis ionisierender Strahlung ausgesetzt (Abbildung 27). CT-Volumendaten sind Grundlage für die navigierte Chirurgie.



Abbildung 27. CT-Schichtbild von vorne (koronal)

Aussage koronal: Die koronalen Aufnahmen sind bei NNH-Eingriffen von Interesse. Schwarze Bereiche stellen Luft dar, graue Bereiche stellen Gewebe oder Schleim dar. Graue Bereiche, die eigentlich schwarz sein sollten, also geschwollenes Gewebe, Polypen oder Schleim, werden als Verschattungen bezeichnet. Knochen absorbiert die Röntgenstrahlung am stärksten und stellt sich deshalb weiß dar.

Wichtig für den Chirurgen: Bei endoskopischen Operationen an der Nase sind die Verschattungen in den Höhlen von großem Interesse, da mit dem Endoskop die Nebenhöhlen nur unvollständig gesichtet werden können. Der Chirurg kann anhand der Bilder abschätzen, wie viel Polypen oder geschwollene Schleimhaut (Mukosa Hyperplasie) sich an welcher Stelle in der Nebenhöhle befindet. Weiterhin von Interesse ist der Verlauf der Schädelbasis, um die Dura nicht zu verletzen, sowie Hinweise auf die Lage der Lamina Papyraea und der Keilbeinhöhlenhinterwand, da sich dahinter ebenfalls Risikostrukturen befinden.

Aussage axial: Die axialen Aufnahmen sind bei Eingriffen am Mittelohr von Interesse. Es lassen sich auch Mittelohrmissbildungen, Felsenbeinfrakturen, otogene Komplikationen bei Mittelohrentzündungen, Mastoiditis, Akustikusneurinome oder Cholesteatome erkennen.

Wichtig für den Chirurgen: Lage des N. facialis. Bei dem Einführen eines Cochlea-Implantats kann der Chirurg prüfen, ob die Cochlea und deren Zugang normal geformt sind. Beim Betreten des Saals kann der Chirurg sehen, ob der Knochen befallen ist und deshalb eine Fräse benötigt wird und wie tief der Knochen befallen ist.

3.3.8 BILDER VORANGEGANGENER UNTERSUCHUNGEN UND OPERATIONEN

Verfahren: Beim Einsatz moderner Endoskope ist eine Kamera am Ende des Endoskops befestigt, der Chirurg blickt während der Manipulation auf einen Bildschirm und sieht sich das Live-Video an. Per Knopfdruck lassen sich einzelne Bilder in hoher Qualität (Full HD) speichern (Abbildung 28). Dies geschieht sowohl im Untersuchungszimmer, als auch im Operationssaal. Mikroskope nutzen meist dieselben Kameraköpfe wie die Endoskope und die Bilder lassen sich auf gleiche Weise archivieren. Die Bilder werden normalerweise auf ein PACS transferiert.

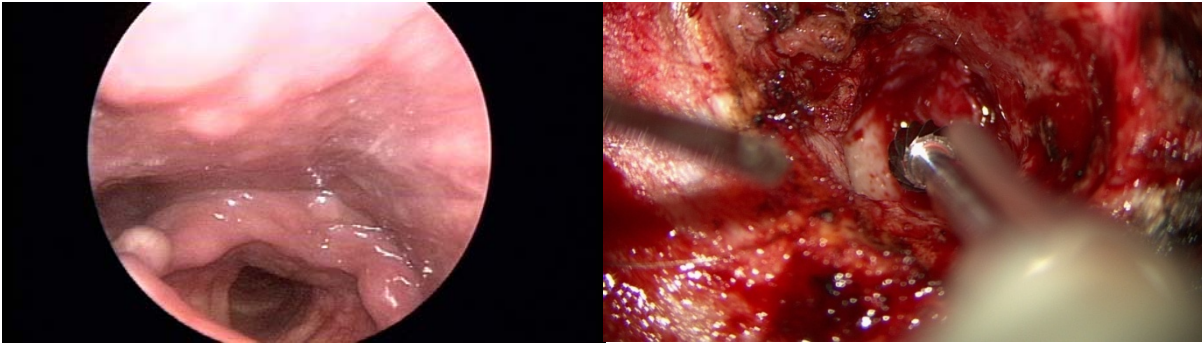


Abbildung 28. Links: Bild aus einer Untersuchung mit einem Endoskop in der Luftröhre. Rechts: Mikroskop-Bild einer Operation am Ohr

Aussage: Darstellung des Zustands einer untersuchten anatomischen Region zu einem bekannten Zeitpunkt.

Wichtig für den Chirurgen: Der Verlauf der Krankheit seit der letzten Untersuchung, bzw. dem letzten Eingriff kann durch direkten Vergleich mit dem Situs ermittelt werden. Somit erhält der Chirurg wertvolle Informationen darüber, wie sich der individuelle Heilungsprozess des Patienten gestaltet, beispielsweise hinsichtlich der Narbenbildung oder der Verträglichkeit von Implantaten. Zu Beginn einer Operation lässt sich die Indikation schneller erfassen. Beispiele:

- a) Eiter auf dem Bild der Voruntersuchung gibt Hinweis auf verstärkte Blutung während des Eingriffs. Wird ein Bild beim Betreten des Saals betrachtet, können noch vor Beginn des Eingriffs spezielle Instrumente verlangt werden. Beispielsweise ein Shaver bei einer NNH-OP, wenn deutlich die Art der Polypen erkennbar ist.
- b) Ein Bild des Rachens des Patienten, auf dem der Tumor zu sehen ist, lässt die Stelle für die Gewebeentnahme deutlich schneller als durch Worte erfassen.
- c) Der Chirurg kann Sichel (anatomische Landmarke) nicht finden und sucht auf den Bildern der letzten OP nach einer Landmarke, um den N. facialis zu lokalisieren.
- d) Heilungsverlauf: Stellt sich heraus, dass es sich um ein ruhiges Ohr handelt, kann in manchen Fällen auf einen Knorpelersatz am Trommelfell verzichtet werden.

3.3.9 RADIOLOGISCHE GUTACHTEN

Verfahren: Wurde ein Patient in eine radiologische Klinik überwiesen, um beispielsweise ein CT, MR oder Röntgenbild zu erhalten, wird von einem Radiologen ein Gutachten der angefertigten Aufnahme dem behandelnden Arzt zugesandt (Abbildung 29).

Sehr geehrter Herr Kollege [REDACTED]

besten Dank für die freundliche Überweisung Ihrer Patientin
[REDACTED]
wohnhaft in [REDACTED]

Klinische Angaben: Zum Ausschluss Sinusitis, anamnestisch chronische Mittelohrentzündung rechts.

CT der NNH nativ vom 27.01.2009:

Siemens 64-Zeilen Spiral-CT. Entsprechend dem beiliegenden Topogramm wurden planparallele hochauflösende Axialschichten in Spiraltechnik im Bereich der NNH mit koronarer und sagittaler Sekundärrekonstruktion durchgeführt.

Regelrechte Belüftung beider Stirn- und Keilbeinhöhlen sowie der linken Kieferhöhle. Regelrechte Belüftung der Siebbeinzellen beidseits. Teils konzentrische Schleimhauthyperplasie in der rechten Kieferhöhle. Infundibulum beidseits frei. Nasenseptumdeviation nach links. Geringe randständige Schleimhauthyperplasie im Cavum nasi beidseits lateral in Höhe des Meatus nasi medius. Hyperplasie der unteren Nasenmuscheln beidseits mit Rechtsbetonung sowie der mittleren Nasenmuschel rechts. Nasenseptumdeviation nach links.

Beurteilung:

Geringe, teils konzentrische Schleimhauthyperplasie in der rechten Kieferhöhle sowie gering im Cavum nasi beidseits. Hyperplasie der unteren Nasenmuscheln beidseits mit Rechtsbetonung sowie der mittleren Nasenmuschel rechts. Nasenseptumdeviation nach links.

Mit freundlichen Grüßen

Abbildung 29. Beispiel eines radiologischen Gutachtens

Aussage: Es wird detailliert angegeben, wo sich eine Auffälligkeit befindet und ein Befund gestellt.

Wichtig für den Chirurgen: Lokalisation von Auffälligkeiten bei schwer lesbaren oder nicht vorhandenen radiologischen Bildern.

3.3.10 ANAMNESE

Verfahren: Zur Erfassung der Krankengeschichte holt ein Arzt durch Befragung und Untersuchung Informationen über das Umfeld des Patienten, Funktionsfähigkeit von Organen und Herzkreislaufsystem, vorhandene Schmerzen und Medikamenteneinnahme ein (Abbildung 30).

KOPFZENTRUM LEIPZIG®

Patient A

Name: _____ 11.11.19 11.11.19
Valentennummer Datum

Größe: _____ Gewicht: _____

Familienkrankheiten (Migräne, Parkinson, MS, Muskelkrankheiten etc.) ja nein
 Bestehende Schwangerschaft ja nein
 wenn ja welche Woche _____
 Aktueller Kinderwunsch ja nein

Bekannte Erkrankungen:

1	Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
2	Bluthochdruck (Arteriellen Hypertonus)	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
3	Erhöhter Augeninnendruck (Glaukom)	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
4	Vergrößerung der Prostata (-hyperplasie)	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
5	Krebsleiden	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
6	Allergien, insbesondere Medikamentenallergien	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
7	Übertragbare Erkrankung (Hepatitis, HIV etc.)	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
8	Raucher (Nikotinkonsum)	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

andere, (ggf Rückseite benutzen): _____

Regelmäßige Medikamenteneinnahme:

1	Blutverdünnung (Falthrom/Macumar/ASS)	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
2	Medikamentöse Verhütungsmittel (Pille)	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
3	Schlaf- /Beruhigungsmittel einschl. pflanzliche Präparate	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
4	Schmerzmittel	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein

andere, (ggf Rückseite benutzen): _____

Fand in den letzten 12 Monaten eine Krankenhausbehandlung statt
 CT oder MRT des Kopfes oder der Wirbelsäule in den letzten 5 Jahren ja nein

Beruf Rentner ja nein
 Derzeit krankgeschrieben ja nein
 Seit wann und von wem _____

EU/BU Rente ja nein
 Befristet ja nein
 Laufendes Rentenverfahren ja nein
 Betreuung durch Sozial- oder Pflegedienst ja nein
 Pflegestufe (Stufe 1/ 2/3/beantragt) ja nein
 Schwerbehindertenausweis (beantragt?) ja nein

Grad der Behinderung in _____ % Merkselchen BI B G aGH GI ja nein
 Einverständnis zur Befundübermittlung an den überweisenden Arzt ja nein
 Sind Sie mit einer Fotodokumentation einverstanden ja nein
 Dürfen wir Sie im Bedarfsfall kontaktieren ja nein

Telefonnummern 0341 411111 _____

Unterschrift Patient oder gesetzlicher Vertreter

Abbildung 30. Beispiel für ein Anamnese-Formular

Aussage: Anhand der Übersicht lässt sich leicht erkennen, wie hoch die Risiken einer Therapie sind.

Wichtig für den Chirurgen: Sozialer Hintergrund, um beurteilen zu können, wie wichtig beispielsweise die Stimme des Patienten für seinen Beruf ist.

3.3.11 ÜBERWEISUNG

Verfahren: Wenn ein Patient zu einem weiterbehandelnden Arzt überwiesen wird, erstellt der Überweisende ein Dokument, in dem er über die relevanten Befunde, Therapien und besonderen Risiken des Patienten berichtet (Abbildung 31).


<p>Pat.: [REDACTED], geb. am [REDACTED], HNO-2 Station</p> <hr/> <p>Sehr geehrte Frau Kollegin, sehr geehrter Herr Kollege,</p> <p>wir berichten Ihnen über unsere o.g. Patientin, die sich seit 26.02.2002 in unserer stationären Behandlung befand.</p> <p>Diagnose: J35.1 Hypertrophie der Gaumenmandel rechts J35.0 chronische Tonsillitis</p> <p>Therapie: Tonsillektomie in LA</p> <p>Verlauf: Am 15.04.2002 führten wir o.g. operativen Eingriff durch. Intraoperativ ergaben sich keine Komplikationen. Sollten sich postoperativ Besonderheiten ergeben, werden wir Ihnen erneut berichten.</p> <p>Wir bitten um ambulante Weiterbetreuung und regelmäßige Wundkontrolle durch Sie. Sollten sich in der feingeweblichen Unteruschung Besonderheiten ergeben, so ergeht ein gesonderter Bericht an Sie.</p> <p>Mit kollegialer Hochachtung</p> 

Abbildung 31. Beispiel einer Überweisung, die Diagnose ist zusätzlich mit ICD verschlüsselt

Aussage: Diagnose, Therapie, Verlauf.

Wichtig für den Chirurgen: Schneller Überblick über den Fall. Bei untypischem Befund nach Darstellung der zu operierenden Stelle genaue Details über eventuelles unerwartetes Vorgehen des vorherigen Operateurs.

3.3.12 STIMMBEFUND

Verfahren: Verschiedene Sprach- und Lautübungen werden, meist von einem Logopäden, mit dem Patienten durchgeführt und anhand eines vorgedruckten Formulars eingetragen.

Aussage: Stimmklang, Sprechmelodie, Nasalität, Lautung, etc.

Wichtig für den Chirurgen: Wie verändert ist die Stimme bereits? Wenn schon länger verändert, dann mehr operieren. Interessant ist ebenfalls, ob die Stimme beruflich von großer Bedeutung ist.

3.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG

3.4.1 ABHÄNGIGKEIT DES BETRACHTETEN DOKUMENTS VON DER ART DES EINGRIFFS

Um die vermuteten Zusammenhänge zwischen Op.-Typ und Dokumenttyp statistisch zu untersuchen, wurde der Chi-Quadrat-Test gewählt. Im Besonderen wurde der sogenannte Unabhängigkeitstest eingesetzt, mit welchem die stochastische Unabhängigkeit zweier Merkmale geprüft werden kann. Bei diesem Test wird folgende Nullhypothese H_0 aufgestellt:

Die Merkmale X und Y sind stochastisch unabhängig.

Als Merkmale wurden X =Dokumenttyp und Y =Op.-Typ festgelegt. Weiterhin müssen die Ausprägungen festgelegt werden. In der Studie existieren genau zwei Ausprägungen: Dokument angesehen und

Dokument nicht angesehen. Daraus ergibt sich aus Tabelle 7 folgende Häufigkeitstabelle (Tabelle 5) am Beispiel eines Audiogramm bei einem Eingriff am Ohr.

Tabelle 5. Häufigkeitstabelle für den Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest

	Audiogramm angesehen		Summe Σ
Bei Eingriff am Ohr angesehen	Ja	Nein	
Ja	34	47	81
Nein	3	63	66
Summe Σ	37	110	147

Daraufhin ist nach folgender Formel eine weitere 2x2-Matrix zu berechnen:

$$n_{jk}^* = \frac{n_{j.} \cdot n_{.k}}{n}$$

Dabei steht j für die Zeile und k für die Spalte. Der Index „.“ steht dabei für die Summe aller Zeilen-, bzw. Spaltenelemente. Anschließend lässt sich die Prüfgröße für den Unabhängigkeitstest berechnen:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \frac{(n_{jk} - n_{jk}^*)^2}{n_{jk}^*}$$

H_0 wird abgelehnt wenn: $\chi_{ber}^2 > \chi_{tab}^2(1-\alpha; (m-1)(r-1))$

mit r =maximale Anzahl Spalten und m =maximale Anzahl Zeilen. Im Fall von Tabelle 5 ist $r=m=2$.

Wenn das Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ gewählt wird, führt aufgrund der Freiheitsgrade folgende Bedingung zur Ablehnung:

$$\chi_{ber}^2 > \chi_{tab}^2(0,95; 1)$$

Der rechte Term ist laut Tabelle $\chi^2=3,8$. Wenn die berechnete Prüfgröße größer als 3,8 ist, wird die Nullhypothese abgelehnt, die Merkmale sind dann zu 95 % voneinander statistisch abhängig.

3.4.2 BEWERTUNG DES ALGORITHMUS ZUR AUTOMATISCHEN VORAUSWAHL DER DOKUMENTE

Der implementierte Algorithmus des „Doc-O-R“ schätzt ab, welches Dokument der Operateur in Abhängigkeit des Eingriffs interessiert. Um den Algorithmus zu bewerten soll die Wahrscheinlichkeit, dass zufällig das gewünschte Dokument gezeigt wird, mit dem tatsächlich aufgetretenen Prozentsatz verglichen werden. Die Anzahl der Möglichkeiten, dass eines von n Dokumenten in einem der beiden Docks angezeigt wird, berechnet sich zu:

$$\binom{n}{2} = \frac{n!}{2! \cdot (n-2)!}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass genau ein Dokument zufällig in einem der beiden Docks angezeigt wird lautet:

$$P = \frac{(n-1)(n-2)! \cdot 2}{n!}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass beide Docks zufällig genau zwei vom Chirurg gewünschte Dokumente erhalten ist:

$$P = \frac{(n-2)! \cdot 2}{n!}$$

Für die Wahrscheinlichkeit, dass eines von drei Dokumenten zufällig angezeigt wird, existiert folgende Anzahl günstiger Ergebnisse:

$$\sum_{i=1}^3 (n-i)$$

Daraus ergibt sich die Wahrscheinlichkeit:

$$P = \frac{6 \cdot (n-3)! (n-2)^2}{n!}$$

Bei der Auswertung werden folgende Fälle für jeden Eingriff unterschieden:

- a) Der Chirurg hat genau eine Art von Dokument mindestens einmal angesehen
- b) Der Chirurg hat zwei verschiedene Arten von Dokumenten jeweils mindestens einmal angesehen
- c) Der Chirurg hat sich eines von insgesamt drei für ihn interessante Dokumente angesehen

Bei jedem Eingriff lag eine unterschiedliche Anzahl an Dokumenten vor. Eine mehrfache Betrachtung wird nicht berücksichtigt. Für jeden Eingriff wird die Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der oben genannten Fälle berechnet. Daraus erhält man für jeden der drei Fälle einen Mittelwert. Dieser wird jeweils mit der Häufigkeit der Fälle verglichen, in denen keine Bedienung durch den Chirurgen erforderlich war. Dabei werden Interaktionen, welche zum Vergrößern des Dokuments notwendig waren nicht gewertet.

3.5 VORBEREITUNG

Für beide Studien mussten vor jedem Eingriff die Dokumente der EPA aus KIS und PACS kopiert werden. Für den MI-Report existierte eine Anwendung, welche die exportierten Bitmaps in strukturierter Form auf einen USB-Stick kopierte. Sobald dieser in das System eingesteckt wurde, konnte auf die Patientendaten zugegriffen werden. Beim Doc-O-R wurden die Bitmaps lokal auf den Rechner kopiert und mithilfe einer MS Access-Maske die Dokumente klassiert.

3.6 STUDIE „MI-REPORT“

Diese Kapitel basiert auf einem in der Zeitschrift „HNO“ veröffentlichten Artikel [3], welcher für diese Arbeit entsprechend angepasst wurde.

Am Beispiel des ersten kommerziellen Gerätes „MI-Report“ soll gezeigt werden, welche Auswirkungen ein solches System in der HNO-Chirurgie auf den Arbeitsfluss hat: welche Gründe für die Interaktion mit dem Gerät bestehen, wie häufig es zur Nutzung kommt und welche Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs von besonderem Interesse sind. Des Weiteren wurde die Gebrauchstauglichkeit des Geräts im klinischen Alltag untersucht.

Das Gerät „MI-Report“ wurde im IRDC Leipzig eingesetzt. Das Gerät selbst wurde von der Firma How-to-Organize, einer Tochter von Karl Storz, unter Nutzung von Komponenten des Fraunhofer

HHI (Heinrich Herz Institut) entwickelt [80]. Das System besteht aus einem Sensor und einem für das ganze OP-Team sichtbar aufgestellten Bildschirm, wie Abbildung 32 gezeigt.



Abbildung 32. Anbringung der zwei Hauptkomponenten des "MI-Reports" in einem Operationssaal im IRDC

3.6.1 ANZEIGE

Der Bildschirm ist an zentraler Stelle starr montiert und sowohl für den Operateur, als auch für Personal und Besucher gut sichtbar. Die grafische Oberfläche des „MI-Report“ basiert auf dem Produkt „Workbench3D“ [81], welches ebenfalls von Fraunhofer HHI entwickelt wurde. Die Darstellung erfolgt mit einer FullHD-Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln, bei einer Bildschirmdiagonale von 1,3 m (52 Zoll). Es können mit der getesteten grafischen Oberfläche je nach Größe drei bis vier Dokumente gleichzeitig angezeigt werden. Unter den angezeigten Dokumenten befinden sich stark verkleinert, in einer Reihe angeordnet, sämtliche verfügbaren Dokumente des Patienten. Diese Bilder lassen sich mit den Pfeilen am rechten und am linken Ende der Reihe durchschalten (Abbildung 33). Im oberen Bereich wird der Name des Patienten und Schaltflächen zur Navigation angezeigt.

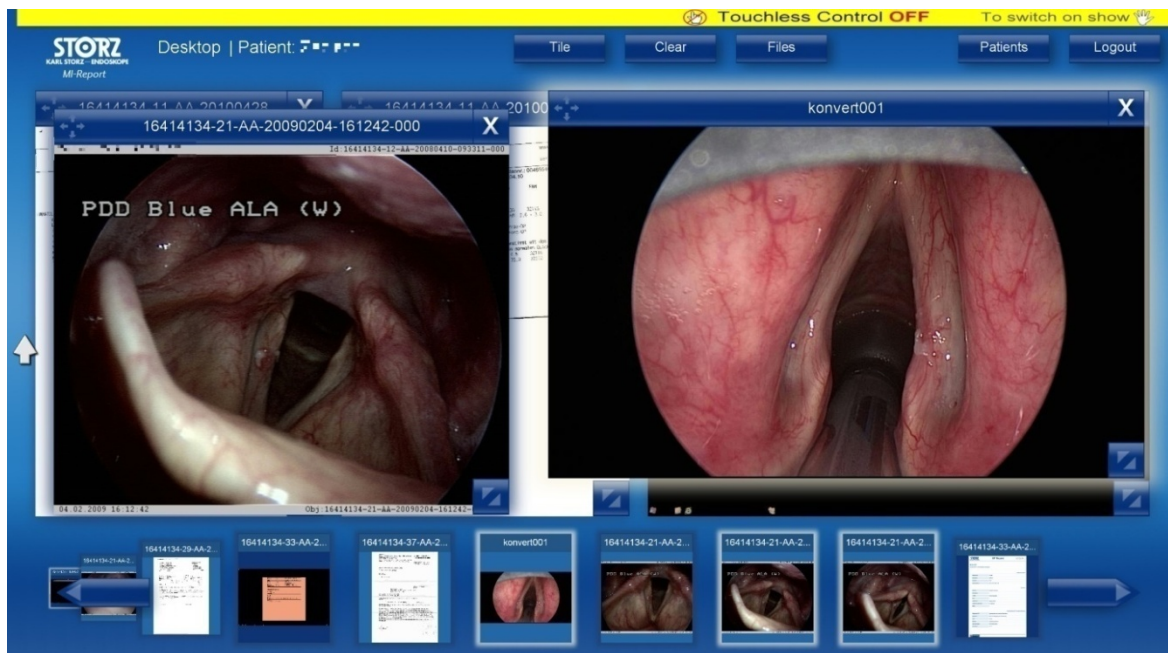


Abbildung 33. Bildschirmfoto der MI-Report Oberfläche während einer Operation (hier: Laryngoskopie)

3.6.2 SENSOR UND BEDIENUNG

Der Sensor (Hand-Scanner in Abbildung 32) erfasst Gesten des Operateurs und ermöglicht dadurch das Steuern des Mauszeigers auf dem zentralen Bildschirm mit Hilfe des ausgestreckten Zeigefingers. Technisch basiert der Sensor auf zwei miteinander starr verbundenen Kameras (Stereokamera) mit Infrarotbeleuchtung. Um für die Operationen entsprechend positioniert werden zu können, ist der Sensor an einem gewöhnlichen Deckenarm befestigt. Bei der Positionierung ist darauf zu achten, dass sich die Hand des Operateurs bei der Bedienung etwa 1 m unterhalb des Sensors befindet. Es werden zwei Gesten erkannt: Durch das Abspreizen aller fünf Finger (Abbildung 36) mit dem Handrücken nach oben erreicht man die Aktivierung des Systems. Bei der zweiten Geste wird lediglich der Zeigefinger abgespreizt. Damit lässt sich der Mauszeiger intuitiv bewegen: Fährt die Hand beispielsweise nach oben, bewegt sich auch der Mauszeiger nach oben. Ein Mausklick wird ausgelöst, indem die Hand je nach Konfiguration ca. zwei Sekunden auf der Stelle verweilt. Das System wurde nicht auf die unterschiedlichen Nutzer, bzw. deren Handform, justiert. Jedes Dokument bietet, nachdem es angeklickt wurde, eine Reihe von Optionen an: Größe ändern, Dokument verschieben, Markierung einzeichnen und gegebenenfalls Film abspielen. Die im unteren Bildschirmrand (Abbildung 33) dargestellten Miniaturbilder können durch Anklicken vergrößert dargestellt werden.

3.6.3 PERSONEN

Für die Beurteilung des Systems wurde ein erfahrener Chirurg über einen Zeitraum von vier Wochen mit der Bedienung und den Möglichkeiten des Gerätes vertraut gemacht. Durch die Einarbeitung konnte davon ausgegangen werden, dass weder die Angst vor Fehlbedienungen, noch spielerisches Ausprobieren die Studie verfälschen. Es wurden keine Anpassungen, wie beispielsweise des Arbeitsbereiches, am System vorgenommen, sodass alle Ergebnisse unter den gleichen Bedingungen zustande kamen. Eine weitere Bedingung für die Studie war, dass kein Assistenzarzt neben dem Operateur Platz nimmt. Das System wurde ausschließlich vom Operateur bedient, niemals vom OP-Personal oder anderen Personen.

3.6.4 VORBEREITUNG

Vor der Operation wurden die Daten des zu operierenden Patienten durch eine dritte Person aufgerufen und ohne festes Schema Dokumente hervorgehoben. Ungewöhnlich komplexe Fälle, die eine ganz besondere Vorbereitung erfordern, wurden von der Studie ausgenommen.

3.6.5 PROTOKOLLIERUNG

Zur Beurteilung des „MI-Reports“ im klinischen Alltag wurden alle relevanten Aktionen des Operateurs mit einem Tablet-PC protokolliert. Zusätzlich stellte der Protokollant Fragen zum Grund der Interaktion mit dem „MI-Report“. Dies führte zu einer Liste, welche im Wesentlichen die Art der Operation (Tabelle 10), Grund und Art der Interaktion und das betroffene Dokument enthielt.

Auf dem Tablet-PC wurde mit dem „s.w.an-Editor“ (Fa. SWAN – Scientific Workflow Analysis GmbH, Leipzig) auf Grundlage der in [82] dargestellten Methodik dokumentiert. Durch das Erstellen einer individuellen Konfigurationsdatei wurde eine an die Studie angepasste Oberfläche generiert, welche in Abbildung 34 zu sehen ist. Damit konnten Zeitpunkt, Art und Dauer der Interaktion erfasst werden.

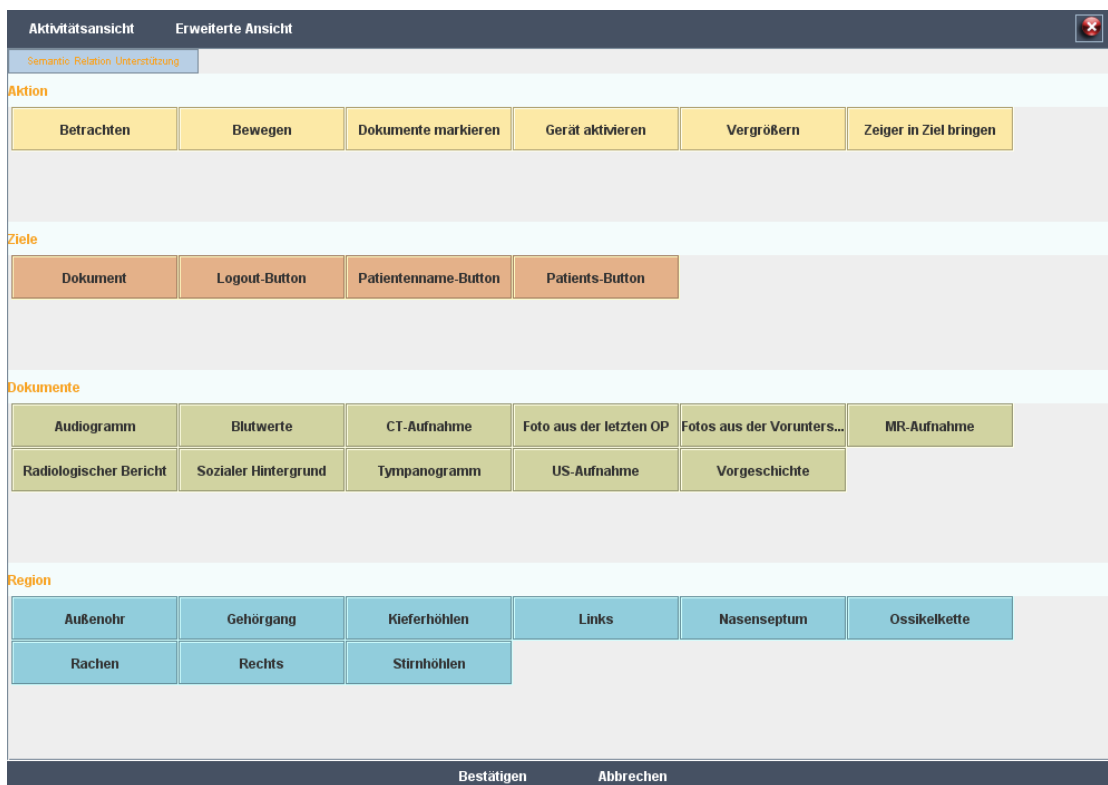


Abbildung 34. Bildschirmfoto der eigens für die Studie konfigurierten Aktionen im Swan-Workflow Editor

Gegen Ende der Studie wurde aufgrund der Erfahrungen der Umfang der Protokollierung minimiert und eine Applikation für Windows Mobile entwickelt, wodurch die Bewegungsfreiheit im Operationssaal verbessert wurde (Abbildung 35).



Abbildung 35. Entwickelte mobile Anwendung zum Protokollieren von Art, Zeitpunkt und Dauer der Interaktionen

Der MI-Report war zum Zeitpunkt der Studie noch nicht komplett in die Klinik-IT integriert. Die Daten mussten manuell per USB-Speicherstift auf das System transferiert werden. In der Studie wurde der daraus resultierende Zeitaufwand nicht berücksichtigt, da der automatische Zugriff auf die elektronisch verfügbaren Daten technisch bereits realisierbar ist. Es ist davon auszugehen, dass in naher Zukunft der Transfer vollautomatisch erfolgt. Zudem hängt der zeitliche Aufwand für die manuelle Eingabe stark mit dem jeweils in der Klinik installierten KIS zusammen. Entsprechende Zahlen wären somit nicht repräsentativ für andere Kliniken.

Um eine Aussage über die Einflüsse der Umgebung auf die Mustererkennung des Sensors, sowie über die Gebrauchstauglichkeit im Allgemeinen treffen zu können, wurden benötigte Dauer und Erfolg beim Aktivieren des Gerätes gemessen.

Das Gerät kennt zwei Zustände: „Aktiviert“ und „Nicht aktiviert“. Die Aktivierung erfolgt wie eingangs beschrieben mit abgespreizten Fingern, um eine unbeabsichtigte Steuerung des Gerätes während der Operation zu vermeiden. Wenn nach der Nutzung mehrere Sekunden lang der Zeiger nicht mehr bewegt wurde, wechselt das System wieder in den Zustand „Nicht aktiviert“.

Bei jeder Aktivierung des Gerätes wurde mit dem s.w.an-Editor die Zeit gemessen, die der Operateur benötigt, um mit seiner gespreizten Hand unter dem Scanner das Gerät in den Zustand „Aktiviert“ zu versetzen. Die Schwierigkeit besteht für den Operateur darin, im richtigen Abstand die korrekte Position der Hand zu finden, da eine Kontrolle wie sie in Abbildung 36 zu sehen ist, nicht realisiert wurde. Auch Lichtverhältnisse und Anordnung der Instrumente wirken sich auf die Aktivierungsprozedur aus. Erst wenn die Hand mit den gespreizten Fingern für ca. zwei Sekunden korrekt erkannt wurde, wechselt das System in den Zustand „aktiviert“.

Um den Umfang der Daten für die Auswertung zu erhöhen, wurde der Operateur am Ende von Operationen, bei denen keine Aktivierung stattfand, aufgefordert, ausschließlich zu Studienzwecken das Gerät zu aktivieren.

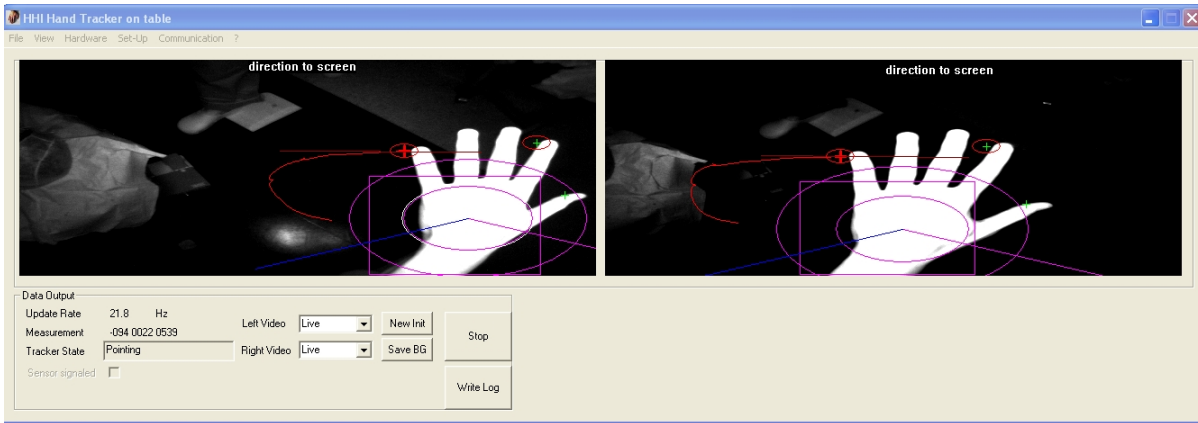


Abbildung 36. Entwickleransicht des Bildes der beiden Infrarot Stereokameras. Eingebildet sind die erkannten Bereiche der Hand

Es wurde im klinischen Alltag jede Interaktion mit dem „MI-Report“ dokumentiert. Dabei gab es keine Beschränkung auf bestimmte OP-Typen. Der Grund der Interaktion wurde durch Nachfrage des Protokollanten ermittelt und nach Tabelle 6 unterschieden.

Tabelle 6. Begriffe zur Unterscheidung der Nutzungsart

Begriff	Bedeutung
Entscheidung	Der weitere Verlauf der Therapie umfasst mindestens zwei Möglichkeiten
Sicherheit	Eine Bestätigung für die momentan durchgeführte Therapie wird eingeholt
Lernen	Der Operateur ist interessiert, ob eine Methode in einem komplizierten Fall funktioniert hat, bzw. ob er den Heilungsprozess einer vorhergehenden Operation richtig eingeschätzt hat
Beobachten	Eine Stelle am Patienten wird mit Bildern oder Beschreibungen aus der Vergangenheit verglichen (z. B. Tumorwachstum)

Auf das Messen von Zeitspannen jenseits der Aktivierung wurde verzichtet, da sowohl die Dauer des Betrachtens der Bilder schwer festzustellen ist, als auch die Häufigkeit von Interaktionen wie „Fenster verschieben“ oder „Dokument vergrößern“ nicht häufig genug erwartet werden konnten, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.

3.7 STUDIE „DOC-O-R“

Dieses Kapitel basiert auf einem Artikel, welcher in der Zeitschrift „Laryngo-Rhino-Otologie“ [83] veröffentlicht worden ist und der vorliegenden Arbeit entsprechend angepasst wurde.

Auf Basis der Erfahrungen aus der Studie über den „MI-Report“ wurde ein Prototyp-System entwickelt, welches sich der identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten annimmt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der automatischen Auswahl der Dokumente. Dies erforderte die Einführung von Metadaten zu jedem Dokument, um Kenntnis im Besonderen über Datum der Erstellung und Art des Dokuments zu besitzen. Als Mensch-Maschine-Schnittstelle wurde in dieser Studie ein Pedal anstatt der Gesteuererkennung gewählt. Es wurde erwartet, dass durch den verringerten Bedienungsaufwand (Vorsortie-

rung der Dokumente, Pedal) die Nutzung des EPA-Systems verglichen mit der vorigen Studie steigt und die Anzahl der Interaktionen verglichen mit der vorigen Studie sinkt.

In der vorangegangenen Studie wurde am Beispiel des per Gestenerkennung steuerbaren „MI-Report“ gezeigt, dass die Nutzung einer intraoperativ zugänglichen Patientenakte großes Potential besitzt. Nachteilig war die Unterbrechung des chirurgischen Workflows aufgrund der durch die per Hand zu bedienende Gestenerkennung. Diese erforderte eine Handbewegung aus dem OP-Situs zum Gestenerkennungsgerät. Deshalb sollte in der vorliegenden Untersuchung die Anzahl der Anlässe zur Interaktion mit dem EPA-System auf ein Minimum reduziert werden. Ziel war es, einen Algorithmus zur Vorauswahl der Dokumente zu entwickeln, sowohl dessen Treffsicherheit als auch das Nutzungsverhalten der Chirurgen in der klinischen Routine zu untersuchen. Die Steuerung wurde auf Wunsch des Chirurgen versuchsweise mit einem Pedal realisiert. Weiterhin war von Interesse, welcher Mindestsatz an Metadaten mit den Dokumenten gespeichert werden muss, um eine Priorisierung der Dokumente realisieren zu können.

Es wurde ein System entwickelt, welches automatisch zwei der für eine bestimmte Operation am wahrscheinlichsten gewünschten Dokumente auf dem großen, zentral installierten Bildschirm anzeigt (Abbildung 39, Abbildung 40) und mit Hilfe eines Fußpedals (Abbildung 37) bedient werden kann. Das Bedienkonzept ist so ausgelegt, dass der Interaktionsaufwand zum Betrachten eines Dokuments abhängig von der für den Operateur ermittelten Relevanz ist. Je unwahrscheinlicher der Fall, dass der Operateur das Dokument aufruft, desto höher der Interaktions-Aufwand des Operateurs dieses anzuzeigen.

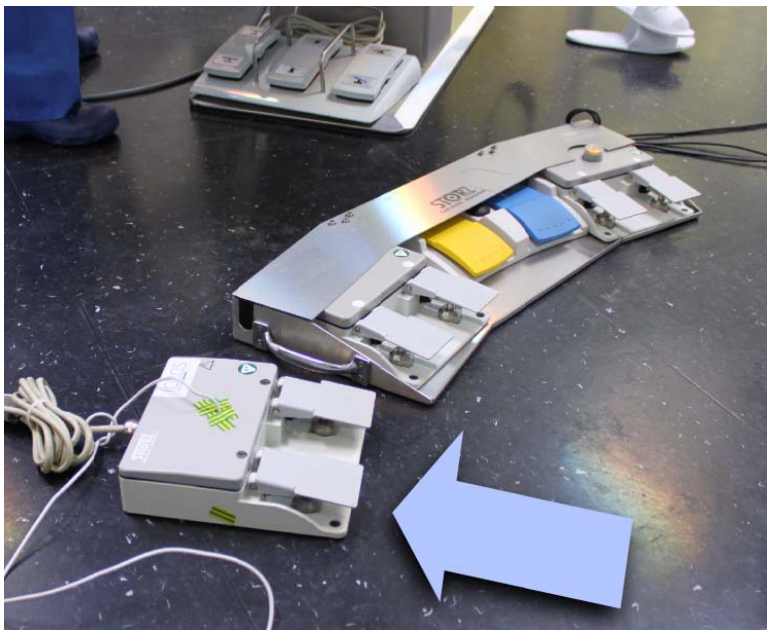


Abbildung 37. Zusätzliches Pedal zur Steuerung des EPA-Systems

3.7.1 KLINIK

Während der Studie war es dem Operateur bereits beim Betreten des Saals möglich, auf dem zentral positionierten 52 Zoll großen Bildschirm die Bildschirmausgabe des EPA-Systems zu sehen. Das Pedal zur Steuerung wurde neben den anderen Pedalen (Position Tisch, Drehzahl Fräse, etc.) platziert. Der Operationssaal unterstützte das in [84] beschriebene Konzept.

3.7.2 VORBEREITUNG

Da Interoperabilität im Operationssaal, bzw. der Klinik, zwar theoretisch möglich, aber praktisch selten realisiert ist, wurden die Daten manuell dem EPA-System übermittelt. Der zeitliche Aufwand für die „Simulation“ eines integrierten Systems ist nicht Gegenstand der Studie, da eine automatische Übertragung der Daten theoretisch möglich ist. Der Aufwand für eine Entwicklung einer speziell auf die Klinik angepassten Software zur automatischen Übertragung der Patientendaten an das EPA-System erschien im Zusammenhang der Studie jedoch nicht gerechtfertigt.

Am Terminal wurden aus unterschiedlichen KIS-Anwendungen die Patientendaten als Bilder, bzw. als DICOM-Dateien exportiert und auf den Rechner des EPA-Systems transferiert. Mit einer eigens entwickelten Software wurden die Bilder konvertiert und in eine MS Access2007-Datenbank geschrieben, wobei verfügbaren Metadaten übernommen wurden. Die fehlenden Metadaten wurden manuell in Access über eine Eingabemaske, welche in Abbildung 38 gezeigt ist, hinzugefügt.

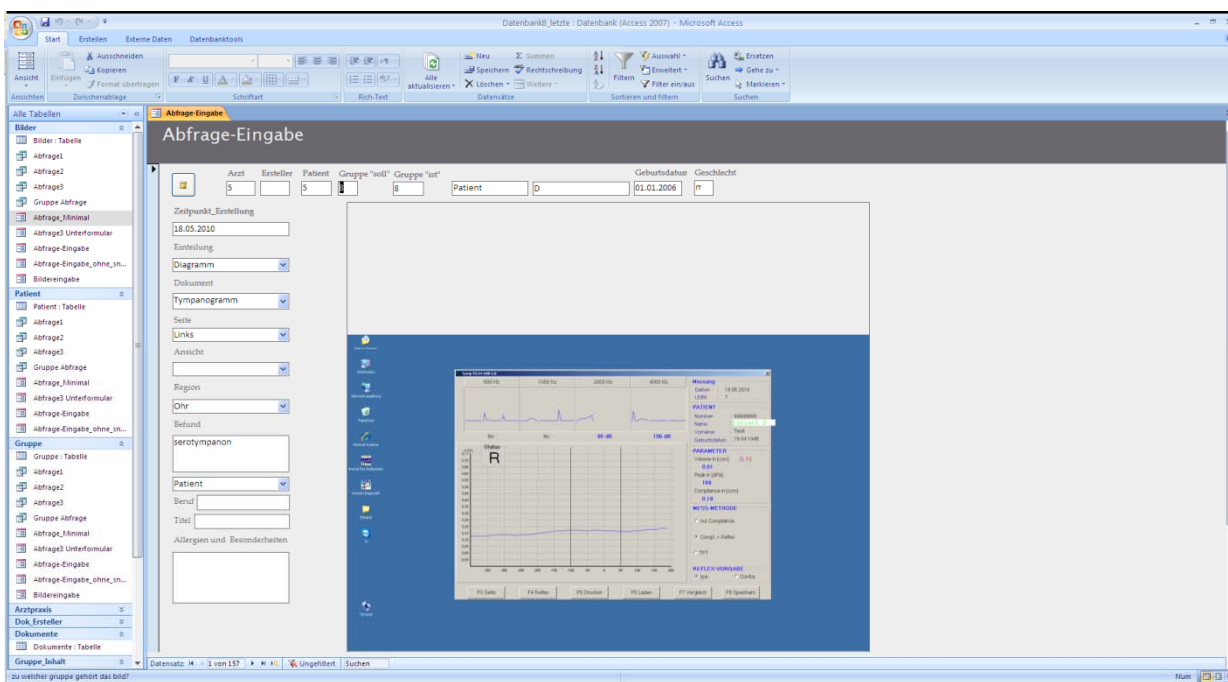


Abbildung 38. Eingabemaske der Metadaten eines Dokuments in MS Access 2007

3.7.3 PROTOKOLLIERUNG

Die Protokollierung erfolgte wie in Kapitel 3.2 beschrieben. Des Weiteren erzeugte die Software Logfiles und protokollierte jede Interaktion mit dem Pedal und die dadurch ausgelösten Prozesse in der Software. Da jedoch in beiden Verfahren der kurze Blick des Operators auf die Akte nicht registriert wird, lag der Schwerpunkt in der Befragung und Beobachtung des Operators durch einen vor Ort befindlichen Protokollanten. Es wurden insbesondere das betrachtete Dokument, die Phase, Grund der Nutzung und die benötigte Anzahl an Tritten auf das Pedal protokolliert.

Da mit Navigationssystemen komfortabel per Fühler durch die CT-Schichtbilder des Patienten navigiert werden kann, wurde der Einfluss auf die Nutzungshäufigkeit von CT-Bildern bei gleichzeitig verfügbarer Navigation geprüft.

Wurde eine Serie betrachtet, wird dies als eine einzige Nutzung gewertet, jedoch mit der tatsächlichen Bedientiefe. Ein Blick auf drei Bilder der vorangegangenen Operation erfordert also mindestens drei Tritte auf dem Pedal.

3.7.4 METADATEN

Jedem Dokument wurden Metadaten hinzugefügt. Ohne Metadaten kann ein elektronisches Verarbeitungssystem keine Rückschlüsse auf den Inhalt und somit auf die dargestellte Information des Dokuments ziehen. Es wurden jedem Dokument folgende klinische Metadaten manuell mit Hilfe der im Zuge der Studie erstellten MS Access Maske zugewiesen:

- Dokumenttyp (z. B. Tympanogramm, Audiogramm, CT-Bild, ...)
- Datum (Zeitpunkt, zu dem das Dokument erstellt wurde, bzw. die jeweilige Untersuchung stattfand)
- Anatomische Region (z. B. Hals, Nase, Ohr)
- Befund (Zum Hervorheben des Befundes, vor allem in gescannten Textdokumenten)
- Ansicht (speziell für CT-Bilder, z. B. sagittal, axial, koronal)
- Seite

Zusätzlich musste noch angegeben werden, welche Dokumente gemeinsam eine Serie bilden:

- Gruppe (Um die Zusammengehörigkeit von beispielsweise einer Serie OP-Bilder festzulegen)

Desweiteren sind mit jedem Dokument auch die für den Operationssaal relevanten Patientendaten gespeichert:

- Name
- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Besondere Merkmale / Warnungen (z. B. Allergien)

Gehören mehrere Dokumente zusammen, werden sie zu einer gemeinsamen Gruppe zusammengefasst. Dies ist beispielsweise der Fall bei einem Tympanogramm, das bei der Software, welche in dieser Klinik genutzt wurde, jeweils ein Bildschirmfoto für das linke und eines für das rechte Ohr generiert. Die Patientendaten sind bei beiden Dokumenten gleich, auch der Dokumenttyp, Erstellungsdatum, etc. Generell unterscheiden sie sich lediglich in der Ansicht (axial, sagittal, koronal) oder der Seite (links, rechts). Weitere Dokumente, welche in Gruppen zusammengefasst wurden, sind beispielsweise mehrseitige Operationsberichte, Bilderserien einer Operation oder CT-Bilder.

3.7.5 SOFTWAREENTWICKLUNG

Die Software des EPA-Systems setzt einen handelsüblichen Desktop-Rechner mit Microsoft Windows XP /Vista / 7 voraus und wurde mit C# WPF programmiert.

Darstellung

Den wichtigsten Teil zur Durchführung der Studie bildete die entwickelte Software zur intraoperativen Darstellung der Patientenakte. Ein Bildschirmfoto ist in Abbildung 40 zu sehen.



Abbildung 39. Der festinstallierte Bildschirm relativ zu Schwester (links), Assistent (Mitte) und Operateur (rechts)

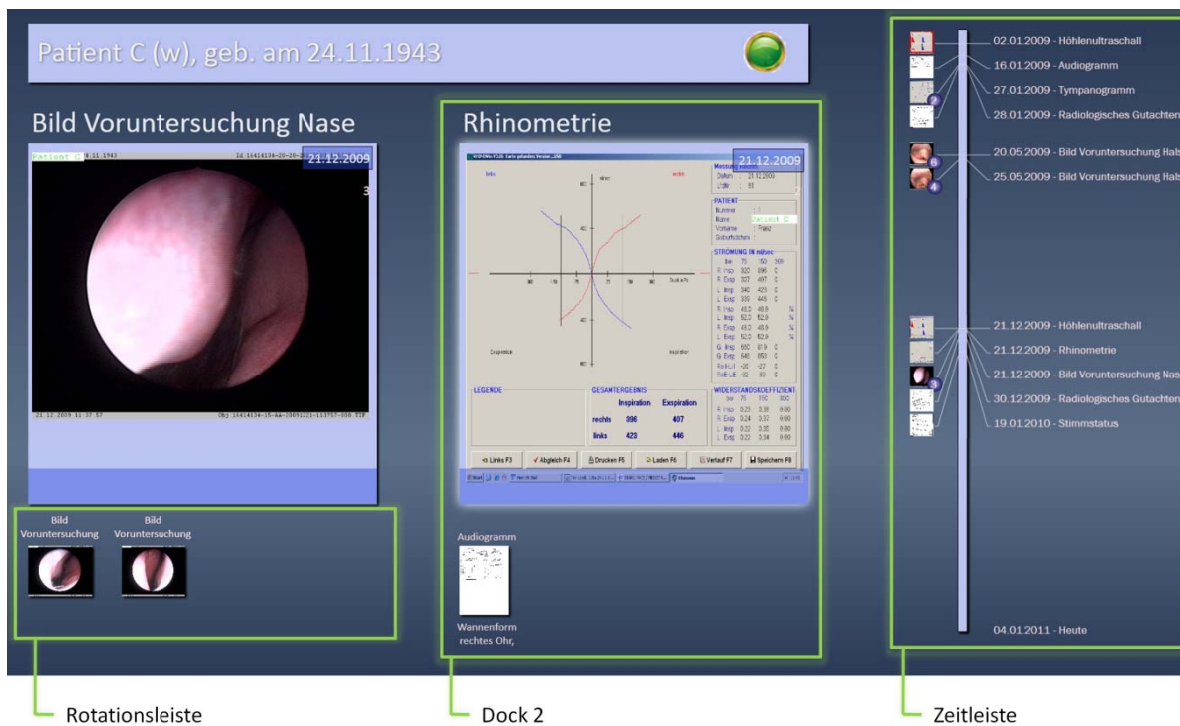


Abbildung 40. Bildschirmfoto des EPA-Systems zur Erläuterung der Begrifflichkeiten „Dock“, „Rotationsleiste“ und „Zeitleiste“

Da in der vorangegangenen Studie im Schnitt 1,2 (> 1) Dokumente pro Operation aufgerufen wurden, besteht die Anzeige aus genau zwei groß dargestellten Dokumenten. Mit dem Pedal können die darunterliegenden Elemente (Rotationsleiste) rotiert werden um den Platz des großen Bildes einzu-

nehmen und ebenfalls vergrößert dargestellt zu werden. Die Zeitleiste auf der rechten Seite gibt einen Überblick über alle vorhandenen Dokumente und deren Erstellungsdatum. Dabei werden die Dokumente chronologisch dargestellt und zwischen dem ältesten Dokument und dem Tag der Operation skaliert (Abbildung 40). Sollte der Algorithmus nicht die vom Operateur benötigten Dokumente in einem der beiden Docks angezeigt haben, lässt sich per Pedal auch in der Zeitleiste navigieren. Im oberen Bereich des Bildschirms sind der Patientennamen, Geburtsdatum, Geschlecht und besondere Merkmale des Patienten angegeben. Liegen beispielsweise Allergien oder Komorbiditäten vor, wird dies durch eine rote Lampe signalisiert, der Text links der Lampe erläutert die Details. Das Seitenverhältnis wurde entsprechend dem in der Klinik installierten Bildschirm gewählt.

Bedienung

Es wurde im Vorfeld der Studie mit den Chirurgen eine Steuerung mit Hilfe eines Fußpedals beschlossen. Zum Einsatz kam ein Produkt (Fa. Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland), welches aus zwei Pedalen besteht (Abbildung 37). Jedes Pedal kann normal und, nach Überwindung eines Druckwiderstands, voll durchgedrückt werden. Längeres Drücken eines Pedals wurde von der Software als zusätzliches Signal erkannt. Somit konnten pro Pedal drei Zustände ausgewertet werden.

Mit dem rechten Pedal schaltet man durch Docks und Zeitleiste, mit dem linken Pedal rotiert man die Dokumente im Dock oder in der Zeitleiste. Das Durchdrücken des linken Pedals vergrößert das aktuell angezeigte Dokument, das Durchdrücken des rechten Pedals vergrößert das rechte Dokument. Das lange Drücken des linken Pedals erzeugt einen schwarzen Bildschirm, auf dem klein Name und Art des Eingriffs angezeigt werden. Diese Art Bildschirmschoner soll verhindern, dass der Operateur abgelenkt wird durch den hellen Schein des Bildschirms oder durch die Anzeige von Dokumenten, die dem aktuellen Bild der Instrumente ähneln (z. B. Endoskop-Video).

Auswahlalgorithmus

Der Auswahlalgorithmus sorgt dafür, dass nur die jeweils aktuellsten Dokumente angezeigt werden. Er teilt die für die Operation anhand einer editierbaren Liste als relevant gekennzeichneten Dokumente gleichmäßig auf die beiden Docks auf. Diese Liste enthielt drei Profile für Eingriffe an Hals, Nase und Ohr. Sie wurden während der Studie nicht modifiziert. Ein Beispiel für solch eine XML-Datei findet sich in Abbildung 41.

```

<Surgeries>
<TYMP WhenSameBigImage="hide" WhenSameCollectionImage="hide" Divide="true">
  <Divide>
    <add region="" doctype="audiogramm" />
    <add region="" doctype="kis-" />
    <add region="ohr" doctype="bild letzte OP" />
    <add region="kopf" doctype="ct-bild" view="axial"/>
    <add region="" doctype="bericht letzte op" />
    <add region="ohr" doctype="voruntersuchung" />
    <add region="" doctype="typanog" />
    <addifempty region="ohr" doctype="" />
    <addifempty region="" doctype="" />
  </Divide>
</TYMP>
<FESS WhenSameBigImage="hide" WhenSameCollectionImage="hide" Divide="true">
  <Divide>
    <add region="kopf" doctype="ct-bild" view="koronal"/>
    <add region="" doctype="kis-" />
    <add region="nase" doctype="untersuchung" />
    <add region="nase" doctype="letzte OP" />
    <add region="" doctype="Audiogramm" />
    <add region="" doctype="rhino" />
    <addifempty region="nase" doctype="" />
    <addifempty region="" doctype="" />
  </Divide>
</FESS>
<MLS WhenSameBigImage="hide" WhenSameCollectionImage="hide" Divide="false">
  <left>
    <add region="hals" doctype="letzten OP" />
    <add region="" doctype="kis-" />
    <addifempty region="hals" doctype="" />
    <addifempty region="" doctype="" />
  </left>
  <right>
    <add region="hals" doctype="voruntersuchung" />
    <add region="allg" doctype="" />
    <addifempty region="hals" doctype="" />
    <addifempty region="" doctype="" />
  </right>
</MLS>
</Surgeries>

```

Abbildung 41. Beispielhafte XML-Datei zur Konfiguration des Auswahl-Algorithmus

4 ERGEBNISSE

Fasst man beide Studien zusammen, wurde bei insgesamt 106 Eingriffen 147 Mal ein EPA-System genutzt. Die Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 42 dargestellt. In Tabelle 7 ist dargestellt, welche Dokumente bei welchem Eingriff betrachtet worden sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Eingriffe in drei Gruppen aufgeteilt. In Klammern hinter jeder Eingriffsgruppe steht die Anzahl der durchgeführten Eingriffe. Auch einige Dokumente wurden zu Gruppen zusammengefasst, es sind sowohl die Gruppen als auch die einzelnen Dokumente aufgeführt. Die detaillierte Beschreibung der Dokumente ist ab Seite 44 nachzulesen.

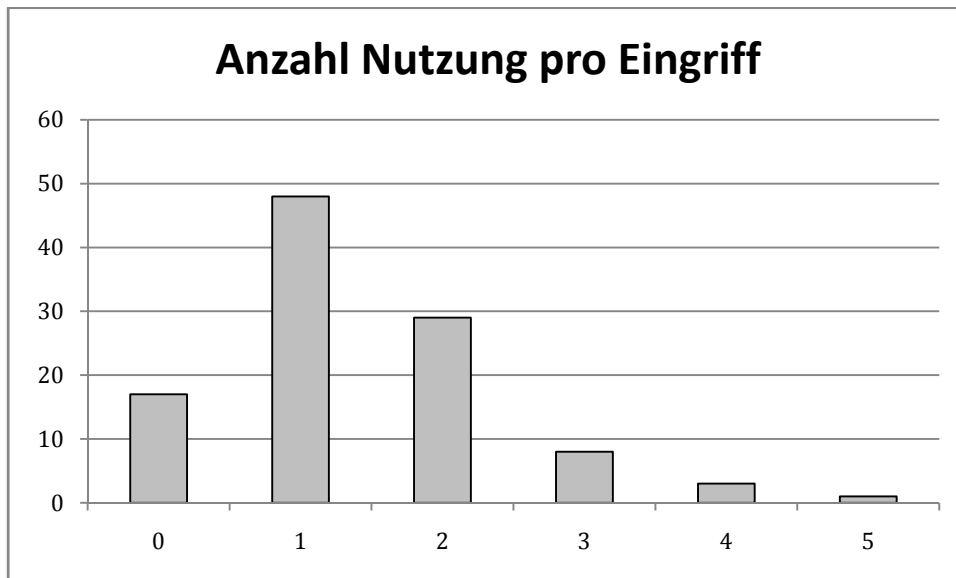


Abbildung 42. Anzahl der Nutzungen pro Eingriff unter Berücksichtigung aller 106 Eingriffe mit insgesamt 147 Nutzungen. Bei 17 Eingriffen wurde kein System genutzt

Tabelle 7. Nutzung der Dokumente nach Eingriff (gruppiert)

		Mittelohr und pneu. Räume (47)	Nnh (35)	Rest (24)	Summe aller Eingriffe (106)
Gruppe	Dokumenttyp	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Allgemein	Pathologisches Gutachten	1	1	-	2
	Rhinomanometrie	-	2	-	2
	Stimmstatus	-	-	1	1
	Tympanogramm	2	-	1	3
	Überweisung	1	2	1	4
	Gesamt	4	5	3	12
Audiogramm	Audiogramm	34	2	1	37
Bild vorheriger Eingriff / Unter- suchung	OP-Bericht	5	4	-	9
	Bild aus Op.	10	2	4	16
	Bild aus Vorunter- suchung	3	2	6	11
	Gesamt	18	8	10	36
CT-Bild	CT-Bild	3	14	-	17
KIS-Übersicht	KIS-Übersicht	22	11	4	37
Radiologisch	Radiologisches Gutachten	-	5	1	6
	Ultraschall	-	-	1	1
	Gesamt	-	5	2	7
Verwaltung	Soziales	-	-	1	1
Gesamtergebnis		81	45	21	147

Tabelle 8. Detaillierte Aufschlüsselung der Nutzungshäufigkeit der restlichen Eingriffe

Eingriff	Anzahl Nutzung
Adenoidektomie mit Paukendrainage	1
Exstirpation der medialen Halszyste	3
Mikrolaryngoskopie	8
Panendoskopie	1
Septumplastik	2
Septorhinoplastik	2
SUBM	2
Tympanoskopie	2
Gesamt	21

4.1.1 STATISTISCHE AUSWERTUNG

Mit der in Kapitel 3.4 vorgestellten Methode wurde die stochastische Unabhängigkeit mit dem Chi-Quadrat-Test bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ berechnet. Bei den unterstrichenen Werten in Tabelle 9, welche größer als 3,8 sind, wird aufgrund des Signifikanzniveaus die Nullhypothese abgelehnt. Die Merkmale Op.-Typ und Dokumenttyp sind in diesem Fall voneinander stochastisch abhängig.

Tabelle 9. Chi-Quadrat-Prüfgrößen. Unterstrichene Werte zeigen eine abgelehnte Nullhypothese an

Dokumenttyp	Ohr	Nase
Audiogramm	<u>27,1</u>	<u>14,8</u>
KIS-Übersicht	0,4	0,0
Bild aus Op.	0,4	2,8
CT-Bild	<u>10,9</u>	<u>24,2</u>
Op.-Bericht	0,0	0,9
Bild Voruntersuchung	3,7	0,6
Tympanogramm	0,2	1,4
Rhinomanometrie	2,5	<u>4,6</u>
Radiologisches Gutachten	<u>7,7</u>	<u>8,2</u>

4.2 STUDIE „MI-REPORT“

Es wurden 51 Operationen aufgezeichnet, welche in Tabelle 10 detailliert aufgeschlüsselt sind. Eine genauere Beschreibung der Eingriffe findet sich in Anhang B . Bei zehn der 51 Operationen wurde der „MI-Report“ nicht genutzt.

Tabelle 10. Aufgenommene Operationen, verwendete Abkürzungen und die dabei festgestellte Häufigkeit der Nutzung des MI-Reports

Op.-Typ	Abkürzung	Anzahl Op.	Anzahl Nutzungen	Nutzung/Op.
Nasennebenhöhlen Operation	FESS	13	17	1,3
Mikrolaryngoskopie	MLS	7	7	1,0
Sanierende Tympanoplastik	S TYMP	2	4	2,0
Tympanoplastik Typ I	TYMP I	15	23	1,5
Tympanoplastik Typ III	TYMP III	1	2	2,0
Exstirpation mediane Halszyste	Ex. Halszyste	1	3	3,0
Adenoidektomie	AT	2	1	0,5
Septumplastik	SP	2	2	1,0
Submandibulektomie	SUBM	2	2	1,0
Tympanoskopie	TYS	2	1	0,5
Exstirpation an der Haut	Ex. an der Haut	1	0	0,0
Paukendrainage	PD	1	0	0,0
Entfernen Exostose	EXOST	2	1	0,5
Gesamt		51	63	1,2

4.2.1 AKTIVIERUNG

Eine eingeleitete Aktivierung des Geräts durch die Gestensteuerung kann in drei Arten eingeteilt werden:

- Aktivierung, die getätigt werden musste, um ein Dokument auswählen oder bearbeiten zu können
- Aktivierung, die nur der Studie wegen getätigt wurde, um eine genauere Aussage über die Erkennung der gespreizten Hand zu treffen
- Aktivierungsversuch, der vom Operateur abgebrochen wurde

Der Begriff „Abbruch“ meint das Einstellen des bis zum gemessenen Zeitpunkt erfolglosen Aktivierungsvorgangs des Operateurs und steht im Gegensatz zu dem Begriff „Erfolgreiche Aktivierung“.

Insgesamt wurde 35 Mal versucht, den „MI-Report“ zu aktivieren, davon zehnmal ausschließlich zu Studienzwecken. In elf Fällen kam es zum Abbruch. Abbildung 43 zeigt die Häufigkeitsverteilung der zur erfolgreichen Aktivierung benötigten Zeiten. Deren durchschnittliche Aktivierungsdauer lag bei 12,5 Sekunden. Die elf Abbrüche erfolgten durchschnittlich nach 22,7 Sekunden. Die kürzeste Zeit, nach der abgebrochen wurde, betrug sechs Sekunden, die längste 68 Sekunden.

Der „MI-Report“ war zu keiner Zeit unbeabsichtigt aktiviert.

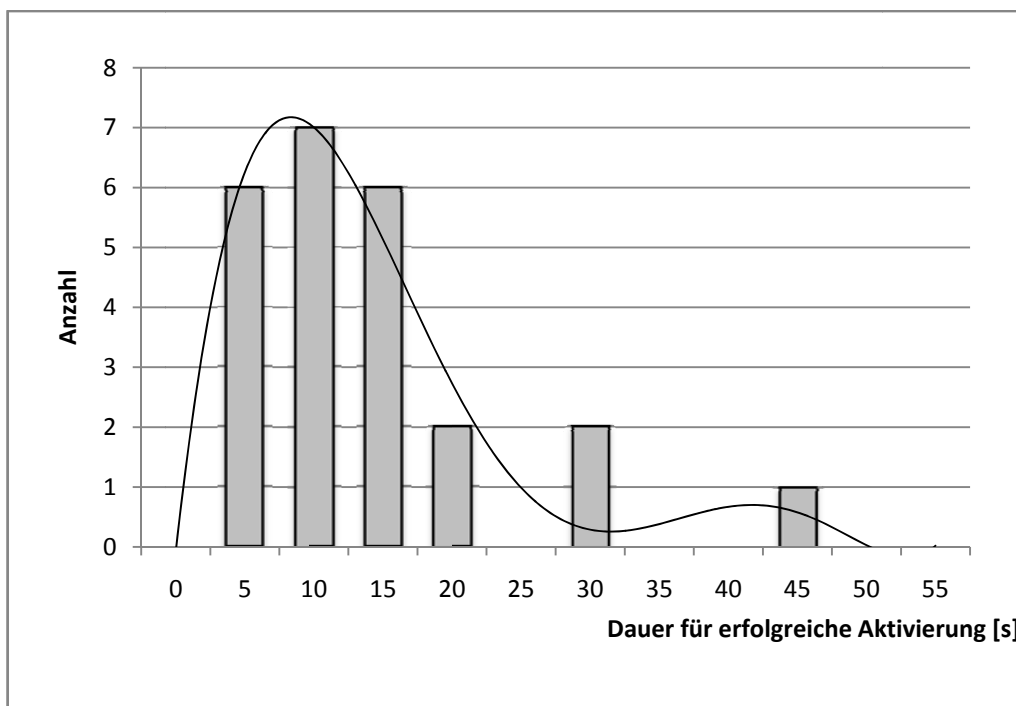


Abbildung 43. Verteilung der Aktivierungsdauer der insgesamt 24 erfolgreichen Aktivierungen mit eingeblen-deter Trendlinie

4.2.2 NUTZUNG

Der „MI-Report“ wurde bei den 51 Operationen 63 Mal genutzt. Tabelle 10 zeigt, bei welchen Operationen er wie häufig genutzt wurde. Fasst man die Operationen zu den Bereichen Hals, Nase und Ohr zusammen, kann auch eine sinnvolle Aussage über die Standardabweichung gegeben werden (Tabelle 11 und Abbildung 44).

Tabelle 11. Standardabweichung der gruppierten Op.-Typen

Op.-Typ	Anzahl Op.	Anzahl Nutzungen	Std.-Abweichung	Minimum	Maximum	Mittelwert
Hals	12	13	0,79	0	3	1,08
Nase	15	19	0,80	0	3	1,27
Ohr	24	31	1,08	0	4	1,29
Gesamt	51	63	0,93	0	4	1,24

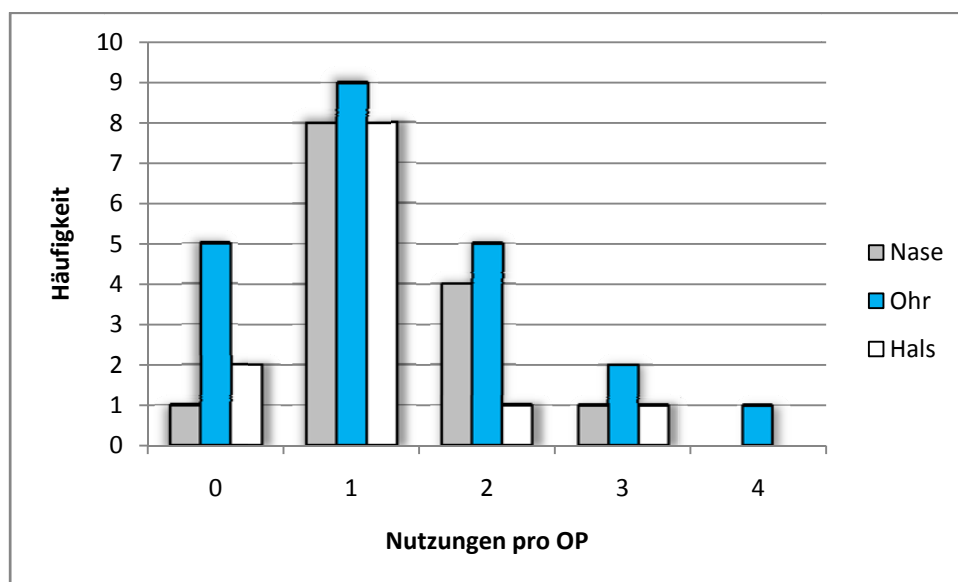


Abbildung 44. Verteilung der Häufigkeit, wie oft pro Operation der "MI-Report" genutzt wurde. Die Operationen wurden zu „Nase“, „Ohr“ und „Hals“ zusammengefasst

Die Nutzung wurde in die vier eingangs beschriebenen Bereiche „Sicherheit“, „Lernen“, „Beobachten“ und „Entscheidung“ gegliedert. Tabelle 12 zeigt die Verteilung.

Tabelle 12. Grund der Nutzung

	Sicherheit	Entscheidung	Beobachten	Lernen	Gesamt
TYMP	12	13	1	3	29
FESS	11	6	-	-	17
MLS	3	1	3	-	7
REST	4	4	1	1	10
Gesamt	30	24	5	4	63

Eine Aufstellung, welche Dokumente während den jeweiligen Operationen wie häufig aufgerufen wurden, findet sich in Tabelle 13. Weitere Informationen zu den aufgeführten Dokumenten und Eingriffen finden sich in den Anhängen A und B.

Tabelle 13. Häufigkeit der Nutzung bestimmter Informationsquellen

	FESS (13)	MLS (7)	TYMP (18)	Ex. Halszyste (1)	AT (2)	SP (2)	SUBM (2)	TYS (2)	Ex. an der Haut (1)	PD (1)	EXOST (2)	Gesamt (51)
Bilder der letzten OP	2	3	9	1	-	-	-	-	-	-	-	15
Audiogramm	2	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	14
CT-Bilder	8	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Bilderaus der Voruntersuchung	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	1	8
Tympanogramm	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	3
Rhinomanometrie-Befund	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Radiologische Gutachten	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Bericht der letzten OP	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Arztbrief / Überweisung	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Allgemeine Vorgeschichte	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2
Ultraschallbild	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Stimmbefund	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Gesamt	17	7	29	3	1	2	2	1	-	-	1	63

Durch das Zusammenfassen der Operationen in die Bereiche „Hals“, „Nase“ und „Ohr“, sowie der Dokumente in „Bilder“, „Diagramme“ und „Texte“ ergibt sich Abbildung 45.

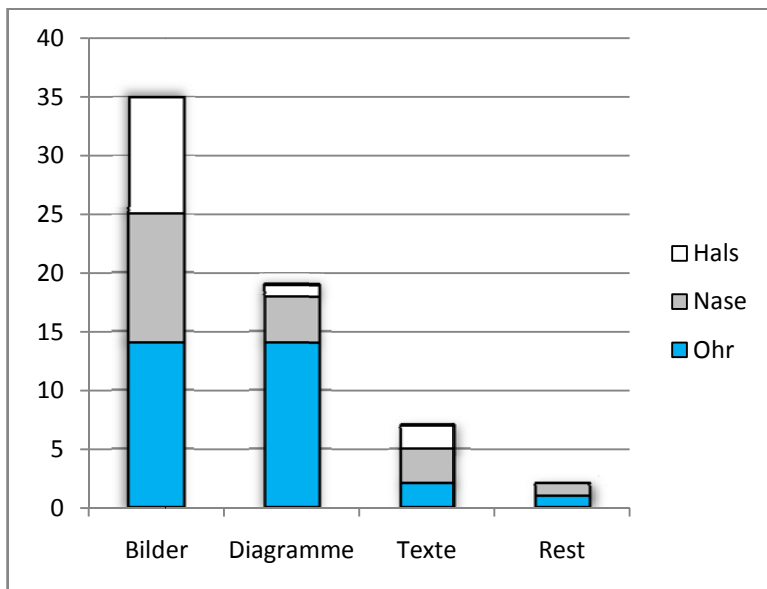


Abbildung 45. Übersicht über die Anzahl und Art der genutzten Dokumente, basierend auf Tabelle 13

4.3 STUDIE „DOC-O-R“

Es wurden 55 Eingriffe protokolliert.

4.3.1 DATENLAGE

Im Durchschnitt wurden bei den untersuchten Eingriffen ca. acht Dokumente pro Patient an das EPA-System übertragen und bereitgestellt. In Abbildung 46 lässt sich anhand einer Häufigkeitsverteilung erkennen, wie viele Dokumente während der Studie pro Eingriff vorlagen.

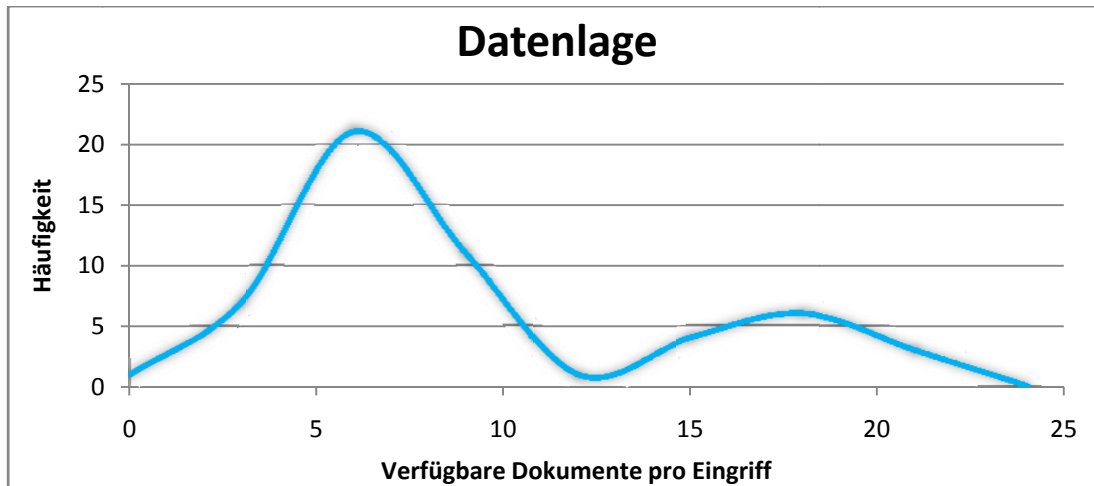


Abbildung 46. Häufigkeitsverteilung der Dokumente, die pro Eingriff verfügbar waren (durchschnittlich 7,9 Dokumente pro Eingriff)

4.3.2 ALGORITHMUS

Um die Effektivität des Algorithmus' beurteilen zu können, ist in Abbildung 47 die Anzahl der zur Interaktion notwendigen Tritte in Abhängigkeit der betrachteten Dokumente gezeigt.

Als Nutzung gilt die Informationsgewinnung aus einem Dokument. Zu beachten ist bei den folgenden Diagrammen, dass mehrere Nutzungen pro Eingriff möglich sind. Während der 55 Eingriffe wurde das EPA-System 84 mal genutzt.

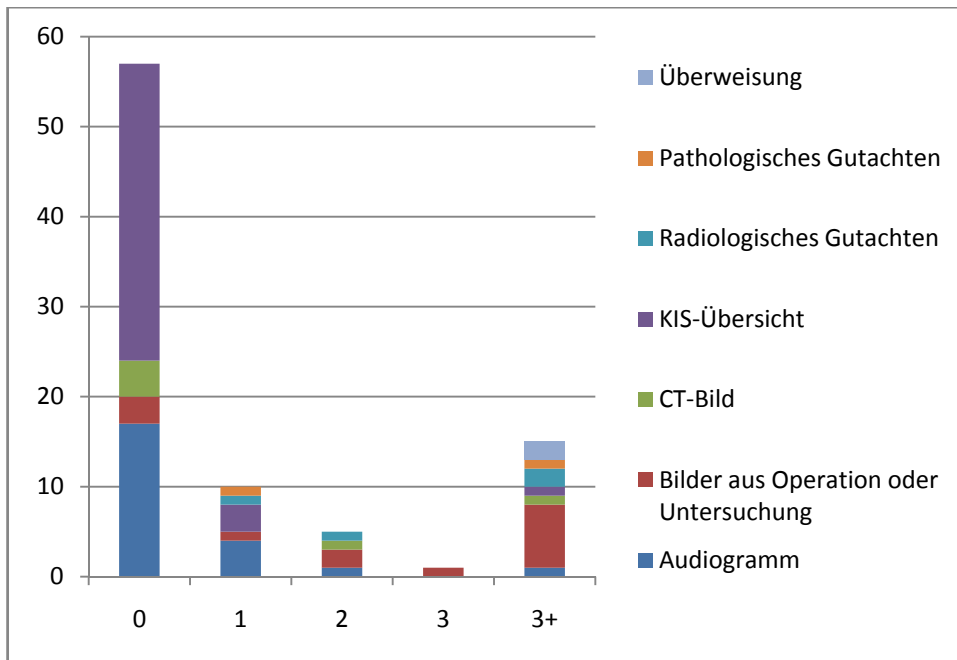


Abbildung 47. Häufigkeit der Bedientiefe (Anzahl Tritte) pro Nutzung, unter Berücksichtigung der genutzten Dokumente. Bei 84 Nutzungen musste 57 mal nicht mit dem System interagiert werden, da der Algorithmus die gewünschten Dokumente bereits präsentiert hatte

Nach den in Kapitel 3.4.2 vorgestellten Methoden kommen die folgenden Ergebnisse zustande. Nimmt man durchschnittlich acht Dokumente pro Patient an, ergibt sich die Anzahl der Möglichkeiten diese auf zwei Docks anzuzeigen, wobei die Reihenfolge keine Rolle spielt, wie folgt:

$$\binom{8}{2} = \frac{8!}{2! \cdot 6!} = 28$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass das gewünschte Dokument zufällig angezeigt wird, beträgt demnach:

$$\frac{7}{28} = 25\%$$

Wenn der Operateur sich für zwei Dokumente interessiert, ist die Wahrscheinlichkeit, dass genau diese beiden zufällig angezeigt werden gleich:

$$\frac{1}{28} \approx 3,6\%$$

Berücksichtigt man jedoch die einzelnen Eingriffe, bei denen die Anzahl der verfügbaren Dokumente stark variiert, erhält man Tabelle 14.

Tabelle 14. Vergleich zwischen der Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Darstellung der gewünschten Dokumente und dem durch den Algorithmus beeinflussten Ergebnis

	Fall a) Ein Dokument	Fall b) Zwei Dokumente	Fall c) Eines von Dreien
Aufgetretene Häufigkeit	24	22	2
Betrachtung ohne Bedienung	18	17	2
Betrachtung ohne Bedienung in %	75%	77%	100%
Mittlere Zufallswahrscheinlichkeit	32%	15%	35%

4.3.3 NUTZUNG

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Ergebnisse in die Kategorien Nasennebenhöhlenoperationen und Operationen an Mittelohr/pneumatische Räume zusammengefasst. Bei Operationen am äußeren Ohr, Nasenseptum, an der Haut des Halses oder bei Adenotomie, Paracentese/Paukendrainage spielt die Patientenakte aufgrund der Erkenntnisse aus der ersten Studie keine besondere Rolle. Die Erfahrung hat gezeigt, dass je weniger der Operateur sieht, desto intensiver erfolgt der Zugriff auf zusätzliche Informationen. Diese Eingriffe werden als „Rest“ bezeichnet.

Es wurden 25 Eingriffe am Mittelohr, 22 in der Nase und acht weitere durchgeführt. Für die Eingriffe am Mittelohr wurde das EPA-System 50 mal genutzt, bei der Nase waren es 28 und bei den restlichen Eingriffen sechs Nutzungen.

Welche Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs genutzt wurden, soll in Abbildung 48 verdeutlicht werden.

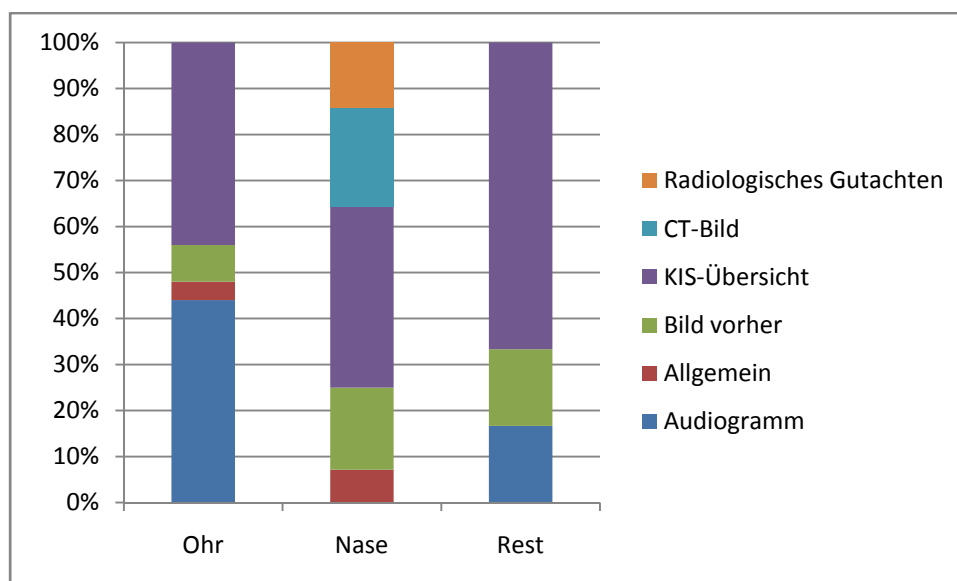


Abbildung 48. Verhältnis der genutzten Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs

4.3.4 PHASEN

Die präoperative Phase beschränkt sich in dieser Studie auf den Zeitraum zwischen dem Betreten des Operationstrakts und dem Schnitt. Mit 58 % überwog die präoperative Nutzung gegenüber der intraoperativen (42 %). Abbildung 49 zeigt eine genaue Aufschlüsselung, welches Dokument bei welcher Eingriffsart in welcher Phase genutzt wurde.

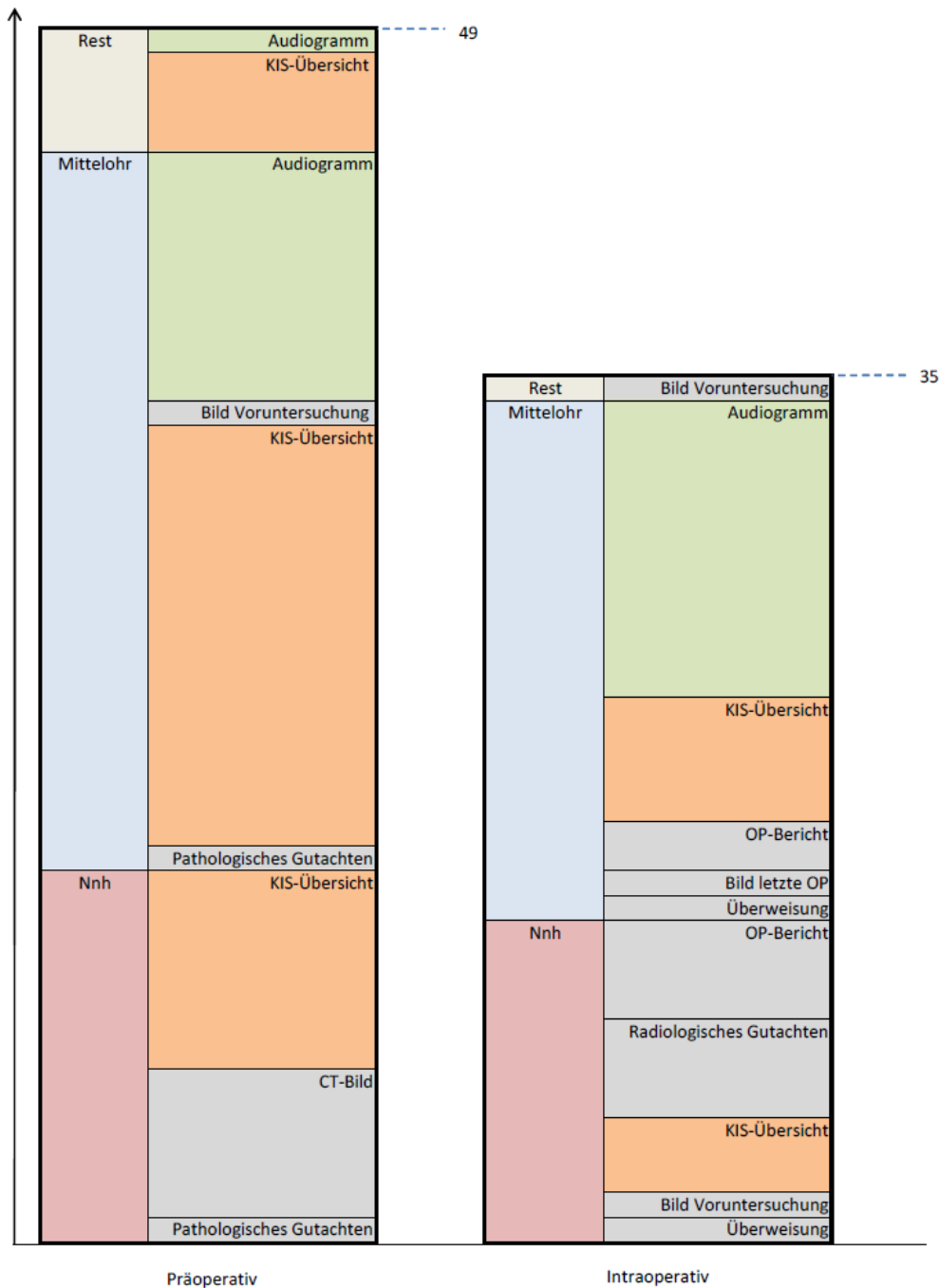


Abbildung 49. Nutzung aufgeteilt in präoperative und intraoperative Zugriff. Diese wiederum aufgeteilt in Art des Eingriffs und betrachtete Dokumente

Der in den Methoden beschriebene Bildschirmschoner wurde nicht genutzt.

4.3.5 OPERATEURE

Der erfahrene Chirurg absolvierte 44, der zweite Chirurg 11 Eingriffe, letzterer jedoch ausschließlich im Bereich der Nasennebenhöhlen.

4.3.6 REVISIONEN

Von den 55 Eingriffen handelte es sich bei 18 um Revisionen, bei 11 der Revisionen lag der OP-Bericht vor, dieser wurde in 6 Fällen intraoperativ betrachtet.

5 DISKUSSION

5.1 NUTZUNG

Tabelle 7 zeigt, dass bei den 106 protokollierten Eingriffen die EPA-Systeme 147 Mal, also ca. 1,4 Mal pro Eingriff genutzt wurden. Im Bereich des Mittelohrs waren es sogar 81 Nutzungen bei 47 Eingriffen, was einer durchschnittlichen Nutzung von 1,7 entspricht. Dieses Ergebnis zeigt, dass ein EPA-System im Operationsaal vom Chirurgen angenommen wird. Es ist weiterhin anzunehmen, dass bei Eingriffen am Mittelohr der Bedarf Dokumente zu sichten höher ist, als bei anderen Eingriffen. Ohne solch ein EPA-System hätte der Operateur wahrscheinlich weit weniger häufig die Patientenakte konsultiert, da es in der klinischen Routine, speziell in einer ambulanten Klinik, nur in sehr seltenen Fällen eine Sichtung der Akte durch OP-Personal den Aufwand gerechtfertigt. Somit kann behauptet werden, dass die Nutzungshäufigkeit steigt und das häufige Nachschlagen in der Akte einer erhöhten Patientensicherheit dient. Der Einsatz optischer Navigationssysteme, bei dem der Chirurg ebenfalls die CT-Aufnahmen des Patienten betrachten kann, hatte keinen Einfluss auf das Nutzungsverhalten. Dies kann darin begründet liegen, dass die CT-Bilder von Interesse sind, bevor die Navigation bedient wird. Da für die Navigation Interaktionen notwendig sind, wird der schnelle Blick auf den Bildschirm, der ohne Interaktion erfolgen kann, bevorzugt.

Anhand der Daten aus Tabelle 7 wurde Abbildung 50 erstellt. Die Abbildung zeigt, in welchem Verhältnis die Dokumente je nach Eingriff genutzt wurden. Die Grafik berücksichtigt nicht die „KIS-Übersicht“, da diese einen Spezialfall darstellt, welcher nur in der zweiten Studie (Doc-O-R) auftritt. Die Abbildung zeigt deutlich, dass bei Operationen am Mittelohr das Audiogramm und Bilder aus einem vorherigen Eingriff von großem Interesse sind und bei Nasennebenhöhlenoperationen radiologische Daten wie CT-Bilder (koronal) oder Gutachten, sowie ebenfalls Bilder aus vorigen Untersuchungen oder Eingriffen.

Die Gruppe der restlichen Eingriffe wurde so gewählt, dass diese in erster Linie Eingriffe enthält, bei denen der Operateur ohne Hilfsmittel das Operationsfeld einsehen kann, sowie Eingriffe, welche im Zuge der Studie zu selten protokolliert wurden, um eine Aussage treffen zu können. Wie in Tabelle 8 zu sehen, handelt es sich bei neun (Mikrolaryngoskopie und Panendoskopie) der 21 Nutzungen um Blicke in den Hals, meist zur Kontrolle der Entwicklung von Tumoren. Dies erklärt den hohen Anteil an Bildern der vorigen Untersuchung / Eingriff.

Weiterhin lässt sich anhand von Abbildung 50 gut erkennen, dass Bilder und Diagramme Texten vorgezogen werden. Eine Ausnahme spielt dabei die bereits erwähnte „KIS-Übersicht“.

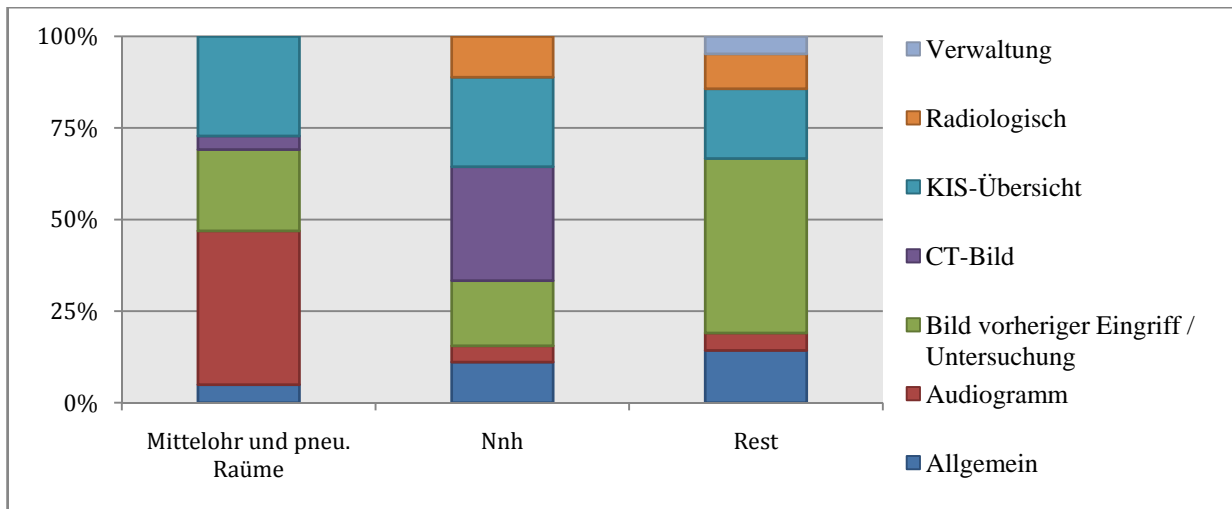


Abbildung 50. Relative Nutzung von Dokumenten in beiden Studien unter Auslassen der "KIS-Übersicht"

5.2 SCHWÄCHEN DES STUDIENAUFBAUS

Es wurde lediglich das Nutzungsverhalten von einem (Studie „MI-Report“), bzw. zwei (Studie „Doc-O-R“) Operateuren beobachtet. Dadurch kann keine Aussage getroffen werden, inwieweit die genutzten Dokumente abhängig von persönlichen Vorlieben eines Chirurgen sind. Es ist anzunehmen, dass die Chirurgen mit mehr Erfahrung seltener die Patientenakte konsultieren müssen.

Es kann nicht bestimmt werden, welche Dokumente für den Operateur interessant gewesen wären, er diese aufgrund des Bedienungsaufwands jedoch nicht angesehen hat. Zudem ist in seltenen Fällen eine elektronische Patientenakte nicht vollständig. Wenn Dokumente fehlten, konnten diese auch nicht genutzt werden und tauchen somit nicht in der Auswertung auf.

Es kann auch keine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit der Operateur nicht auch ohne die Nutzung der EPA-Systeme genauso gehandelt hätte, wie er während der Studie gehandelt hat. Eine Quote, wie viele Entscheidungen durch die untersuchten Systeme tatsächlich beeinflusst wurden, kann nicht erhoben werden. Da es sich bei der Studie um einen sehr erfahrenen Chirurgen handelte, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob ein weniger erfahrener Chirurg das System nicht intensiver nutzen würde, falls er vergleichbar komplexe Fälle operativ therapieren würden.

Die geringe Fallzahl von knapp über 50 Eingriffen pro Studie lässt bei der Auswertung lediglich Trends erkennen. Dies gilt besonders für die Darstellung der Nutzungshäufigkeit pro Eingriff. Deshalb wurden die Operationstypen wie in Tabelle 7 zu sehen gruppiert.

Da die ambulante HNO-Chirurgie wenige komplexe Fälle umfasst, können nur grobe Rückschlüsse gezogen werden, wie solche Systeme in anderen chirurgischen Disziplinen angenommen werden, da diese sich zusätzlich in ihren Anforderungen deutlich unterscheiden.

Es konnten keine Zeiten gemessen werden, wie lange der Operateur benötigt, ohne die untersuchten EPA-Systeme auf die Akte zuzugreifen. Jedoch ist anzunehmen, dass die Dauer der Nutzung eines EPA-Systems deutlich geringer ausfällt, als das Umkleiden oder Anweisen. Nicht gezeigt werden kann dabei, in wie vielen Fällen der Operateur tatsächlich den Weg zum Terminal vollzogen hätte, um ein Dokument zu betrachten.

Ein Vergleich zwischen beiden Studien bezüglich der automatischen Darstellung relevanter Dokumente und der daraus resultierenden Nutzungshäufigkeit konnte nicht gezogen werden, da bei der Studie „MI-Report“ bei der Vorauswahl der Dokumente nach keinem rein zufälligen Schema vorgegangen wurde. Da während der Durchführung der ersten Studie noch keine Nachfolgestudie geplant war, wurde keine entsprechende Methode zur manuellen Auswahl der Dokumente entwickelt.

5.3 STATISTISCHE AUSWERTUNG

Tabelle 9 zeigt welche Dokumenttypen von dem jeweiligen Eingriff stochastisch unabhängig sind. Es verwundert nicht, dass zwischen Audiogramm und Eingriffen am Ohr ein hoher Wert steht, welcher eine große Abhängigkeit impliziert. Auch dass bei der KIS-Übersicht die Hypothese nicht abgelehnt wird, entspricht den Erfahrungen, dass diese unabhängig vom Eingriff für den Chirurg von Bedeutung ist.

Die unterstrichenen Werte sagen aber nicht nur aus, welche Dokumente sehr wahrscheinlich bei einer Op. aufgerufen werden, sondern auch, welche bei einem Eingriff sehr wahrscheinlich nicht von Interesse sind (z. B. Audiogramm bei Eingriffen an der Nase). Tabelle 9 sollte also nur in Kombination mit Tabelle 7 interpretiert werden.

5.4 DARSTELLUNG

Dokumente haben Erinnerungen anhand der Gestaltung hervorgerufen. Ein Blick auf einen nicht vergrößerten Bericht stellte beispielsweise eine Verbindung zu einer komplexen Operation her, obwohl der Bericht in der verkleinerten Form nicht deutlich lesbar war. Durch diesen Effekt kann der Operateur schneller wichtige Informationen über den Patienten aufnehmen, ohne durch eine Interaktion das Dokument zu vergrößern.

Das EPA-System bietet interessante Aspekte bei der Fortbildung. Während des Eingriffs kann der Operateur dem Assistenten am Bildschirm anhand ausgewählter Dokumente Hintergründe zu dem Fall erläutern (Abbildung 39).

5.5 STANDARDS

Im Operationssaal befinden sich, wie in Abbildung 18 beispielhaft gezeigt, eine Vielzahl unterschiedlicher Schnittstelle. Häufig ist in Krankenhäusern zu beobachten, wie der Patientennamen mehrfach an unterschiedlichen Geräten im Saal eingegeben werden muss, wie radiologische Bilder aufgrund mangelnder Netzwerkverbindung zur Archivierung ausgedruckt werden, wie Planungsdaten eines Eingriffs vorher ausgedruckt und mit Klebstreifen an einer ergonomisch günstigen Position befestigt werden, oder wie Daten vom Bildschirm handschriftlich in Dokumente übertragen werden.

Während der MI-Report Bilder ohne Hinweis auf Datum und Inhalt anzeigte, wurden im Zuge der zweiten Studie benötigte Metadaten identifiziert. Dabei erwiesen sich der Zeitpunkt der Dokumenterstellung, sowie die Art des Dokuments als am wichtigsten. Hilfreich waren die Informationen über die Patientenseite und die Ansicht. Nutzungshäufigkeit und Art der Dokumente haben sich in beiden Studien nicht sonderlich unterschieden, somit könnte man argumentieren, dass lediglich ein standardisiertes Übertragungsverfahren von Bildern erforderlich ist. Dem widerspricht aber eine Risikoanalyse hinsichtlich der Verwechslungsgefahr zwischen neuen und alten Aufnahmen, wenn das Datum der Aufnahmen nicht bekannt ist.

Der in den Methoden beschriebene, aufwändige Vorgang, um Patientendaten aus anderen Informationssystemen in das EPA-System zu transferieren, wirft die Frage auf, aus welchen Gründen Interope-

rabilität im OP noch nicht realisierbar ist. Um diese Fragestellung zu diskutieren, wurden mehrere Faktoren identifiziert.

5.5.1 TECHNISCHE FAKTOREN

Bei den technischen Faktoren spielen die technischen Voraussetzungen in der Klinik die entscheidende Rolle. Viele Daten sind für Maschinen nicht lesbar und können somit auch über keine Schnittstelle anderen Systemen verfügbar gemacht werden. Diese Daten entstammen zum Beispiel Prozessen, die ausschließlich auf Papier basieren, aber auch eingescannte Dokumente sind unter Normalbedingungen nicht maschinenlesbar. Im Idealfall werden eindeutige Codes für Diagnosen und Behandlungen verwendet. Dies geschieht beispielsweise bei HL7 CDA (Clinical Document Architecture). Hier besteht die Möglichkeit, den Freitext (Anamnese, Diagnose, Therapie) zusätzlich durch eindeutige Codes, wie z. B. durch SNOMED auszudrücken. Die heute geläufigen Softwareprodukte sind allerdings noch nicht so ausgereift, dass sie die Codes automatisch auf Basis des vom Arzt geschriebenen oder diktierten Texts generieren können. Neben den Patientendaten spielen auch die Geräte im Saal eine Rolle. Es genügt in besonderen Fällen bereits ein Gerät im Saal, das beispielsweise aufgrund geringer Prozessorkapazität keinen offenen Standard unterstützt. Teilweise sind Schnittstellen fehlerhaft implementiert oder Standards unzureichend definiert. Manche Geräte können auch nicht ohne größeren Aufwand integriert werden, da sie räumlich so angeordnet sind, dass die maximal erlaubte Kabellänge überschritten würde, z. B. bei USB-, Firewire- oder VGA-Verbindungen.

5.5.2 EMOTIONALE FAKTOREN

Die emotionalen Faktoren teilen sich im wesentlichen in zwei Punkte, in Besitzansprüche und in Angst vor Technik. Um im Operationsaal Daten integrieren zu können, bieten sich bereits vorhandene Systeme in der Klinik an. Bilder, welche während einer Operation entstanden sind, könnten in das PACS geladen werden, das Protokoll der Operation in die elektronische Patientenakte. Sobald ein System einer anderen medizinischen Disziplin im Haus zugeordnet ist, kann es zur Nutzungsverweigerung durch den Verantwortlichen kommen. Grund ist die Angst davor, dass zu viele Daten gespeichert werden, dass etwas zerstört, bzw. verändert wird oder es handelt sich um reine zwischenmenschliche Faktoren. Ein weiterer Grund ist, dass die Integration im Operationssaal erst gar nicht gewünscht wird, da Vorbehalte gegen zu viel Technik bestehen oder überhaupt keine Notwendigkeit für den Einsatz von entsprechender Technologie gesehen wird.

5.5.3 STRATEGISCHE FAKTOREN

Die strategischen Faktoren sind besonders im ökonomischen Interesse größerer Hersteller begründet. Diese bieten komplette, integrierte Lösungen an. Dabei werden die einzelnen Komponenten bis auf wenige Ausnahmen von dem Hersteller selbst vertrieben. Die Beschreibungen der Schnittstellen werden ganz bewusst nicht offen gelegt, da sonst andere Firmen ebenfalls in der Lage wären, Komponenten für das Komplettsystem zu entwickeln und diese zu vertreiben. Wünscht ein Arzt Interoperabilität in einem „geschlossenen“ Operationssaal, ist er gezwungen die Komponenten bei demselben Hersteller kaufen, von dem er bereits die restliche Ausstattung erworben hat. Dadurch können Produkte vertrieben werden, die im direkten Vergleich mit Produkten von Mitbewerbern nicht konkurrenzfähig wären.

Zu den Herstellern, die komplette Suiten anbieten gehören beispielsweise Karl Storz (OR1), Brainlab (BrainSuite), Olympus (EndoAlpha), Richard Wolf (Core), Stryker (i-Suite) und Maquet.

5.5.4 ÖKONOMISCHE FAKTOREN

Einer der Hauptgründe für mangelnde Integration im Operationsaal – und im ganzen Krankenhaus – dürfte der finanzielle Aufwand für die Integration sein. In der noch recht heterogenen Welt der KIS-Produkte existieren wenig standardisierte Lösungen. Eine Erweiterung um eine entsprechende Schnittstelle kann im fünfstelligen Bereich liegen. Auch ältere oder preisgünstige Geräte müssten nachgerüstet werden. Bei Neuanschaffungen werden standardisierte Schnittstellen zusätzlich berechnet. Deshalb werden diese bereits in den Ausschreibungen gefordert. Selbst wenn entsprechende Module eingesetzt werden, ist die vollständige Interoperabilität nicht gewährleistet, da die Standards an einigen Stellen unterschiedlich interpretiert werden können, und in weiten Teilen nicht vollständig implementiert werden müssen. Gerade bei kleineren Kliniken ohne komplexe Infrastruktur steht der Aufwand für Implementierung und Konfiguration nicht im Verhältnis zum Nutzen.

5.5.5 RECHTLICHE FAKTOREN

Für gewöhnlich installieren Firmen ihre Produkte selbst vor Ort, wodurch die Anbindung der Systeme nicht ausschließlich aus einer Hand geschieht. Zudem sind in Kliniken meistens Medizintechnik (für die Geräte) und Informationstechnik (für die EDV) organisatorisch voneinander getrennt. Selbst wenn alle Geräte die jeweils erforderlichen Standards strikt einhalten würden, könnte es beim Datenaustausch dennoch zu Zwischenfällen kommen. Diese können nur dann nahezu ausgeschlossen werden, wenn das Gesamtsystem bekannt ist und die Geräte entsprechend aufeinander konfiguriert sind. Sollte es zu einem Zwischenfall kommen, würde sich ein Rechtsstreit zwischen den Firmen untereinander und der Klinik für alle Beteiligten rufschädigend auswirken. Die Beweislage ist in solchen Fällen äußerst unklar. Hier versucht der Standard ISO 80001 zwar Abhilfe zu schaffen, jedoch existiert bei einer integrierten OP-Suite nur ein einziger Hersteller. Dies trägt zu mehr Sicherheit bei und vereinfacht die Schuldfrage bei Unfällen erheblich.

5.5.6 MACHTPOLITISCHE FAKTOREN

Eine führende Position in wichtigen Standardisierungsgremien und wissenschaftlichen Projekten stellt eine Möglichkeit dar, um persönlichen Einfluss auf die Entwicklung im Gesundheitswesen zu nehmen und die eigene internationale Wahrnehmung zu stärken. Dabei geschieht es häufig, dass Personen die für die Position notwendige fachliche Kompetenz fehlt oder dass sie nicht über ausreichende zeitliche, bzw. personelle Ressourcen verfügen. Darunter leidet die zügige und zielführende Entwicklung standardisierter Schnittstellen.

5.6 STUDIE „MI-REPORT“

Folgende Punkte betreffen ausschließlich die Studie über den „MI-Report“.

5.6.1 GRAFISCHE OBERFLÄCHE

Die Oberfläche wurde sowohl vom Operateur, als auch vom OP-Personal als optisch ansprechend empfunden. Im Vergleich zu Patientenakten, welche für die Nutzung auf der Station entworfen wurden, wirkt sich der Verzicht auf Tabellen und nicht relevanten Informationen sehr positiv auf die Übersichtlichkeit aus (Abbildung 33). Eine zeitliche Einordnung der Dokumente wurde jedoch nicht realisiert. Eine Übersicht über die existierenden Lösungen zur zeitlichen Einordnung der über einen Patienten verfügbaren Informationen wird in [85] und [52] gegeben. Auch die Einteilung der Dokumente in Kategorien, wie beispielsweise Dokumententyp oder anatomische Region wurde nicht unterstützt, da die Dokumente nur als Bitmaps ohne Metadaten verarbeitet werden. Der Bildschirminhalt war für Operateur und Belegschaft gut zu erkennen, eine Ausnahme stellen laryngoskopische Eingriffe dar, hier arbeitet der Operateur mit dem Rücken zum starr montierten Bildschirm.

5.6.2 AKTIVIERUNG

Die Aktivierungszeiten und Abbrüche sollen als Maß für die Handhabung des Sensors dienen. Wie Abbildung 43 zu entnehmen ist, wurden in mehr als der Hälfte der Fälle Aktivierungszeiten unter zehn Sekunden erreicht, in einem Viertel der Fälle unter fünf Sekunden. Im Idealfall sollte eine Aktivierung ca. zwei Sekunden benötigen. Als Grund für die hohen Aktivierungszeiten können die mit jeder Operation sich ändernden Aufbauten im Saal, ändernde Lichtverhältnisse und unterschiedliche Sitzpositionen des Operateurs angesehen werden. Die Genauigkeit der Sensor-Positionierung mit dem Deckenarm und die korrekte Positionierung der Hand unter den Sensor beeinflussen ebenfalls das Aktivierungsverhalten. Eine Verringerung der Aktivierungszeiten durch einen Lerneffekt ist in Anbetracht des Trends der gemessenen Aktivierungszeiten nicht zu erwarten. Verbesserungen könnten durch den optional verfügbaren Positionierungslaser und Feineinstellung durch die Software erzielt werden. Auf der anderen Seite wurde auf Grund der hohen Schwelle, die ausgestreckte Hand zu erkennen, der „MI-Report“ kein einziges Mal unbeabsichtigt aktiviert.

Die Anzahl der Aktivierungen gibt noch keine Auskunft über die Häufigkeit der Nutzung, da das Gerät auch genutzt werden kann, ohne aktiv Dokumente auszuwählen. Subtrahiert man die elf nur zu Studienzwecken durchgeführten Aktivierungen von den insgesamt 35 und anschließend die acht Abbrüche erhält man 16 erfolgreiche Aktivierungen im realen Betrieb. Die mit 16 recht geringe Anzahl von Aktivierungen im Vergleich zu der Nutzungshäufigkeit (63 Nutzungen) lassen zwei Schlüsse zu: Entweder war der Bildschirm von vorneherein ideal zusammengestellt – wodurch eine Bedienung nicht mehr erforderlich ist- oder der Chirurg hat die Aktivierung gescheut, um seinen Arbeitsfluss nicht zu unterbrechen.

Die Verteilung der Dauer, nach der der Chirurg aufgegeben hat das Gerät zu aktivieren, folgte keiner Normalverteilung. Trotz der lediglich elf Messwerte lässt das vermuten, dass viele Parameter das Verhalten beeinflusst haben. Dazu gehören die Dringlichkeit, ein bestimmtes Dokument anzusehen, der Zeitdruck oder die momentane Konzentrationsfähigkeit des Operateurs.

5.6.3 NUTZUNG

Tabelle 12 zeigt, dass der der „MI-Report“ in der Hauptsache genutzt wurde, um eine Bestätigung für das aktuelle Vorgehen zu erhalten oder um eine Entscheidung für das weitere Vorgehen zu fällen(Tabelle 6). Es ist anzunehmen, dass genau diese beiden Nutzungsarten kurzfristig zu einem Nutzen für den Patienten führen, während durch die anderen beiden Nutzungsarten „Beobachten“ und „Lernen“ erst auf längere Sicht ein indirekter Nutzen für den Patienten entsteht.

Die Nutzungshäufigkeit pro Operation bei einer FESS beträgt 1,3 und bei einer Tympanoplastik 1,6. Pro Nutzung wurde im Schnitt 0,4 Mal aktiviert. Das erfolgreiche Aktivieren benötigte im Schnitt 12,5 Sekunden. Das Navigieren nach dem Aktivieren sei genauso wie das Betrachten eines Dokuments mit 5 Sekunden angesetzt. Im Schnitt benötigt eine Tympanoplastik(TYMP) 60 Minuten und eine Nasen-nebenhöhlenoperation (FESS) 45 Minuten.

$$\text{FESS: } \frac{1,3 \cdot 5s + 1,3 \cdot 0,4 \cdot (12,5s + 5s)}{45 \cdot 60s} \approx 0,6\%$$

$$\text{TYMP: } \frac{1,6 \cdot 5s + 1,6 \cdot 0,4 \cdot (12,5s + 5s)}{60 \cdot 60s} \approx 0,5\%$$

Der Chirurg erhöht die gesamte OP-Zeit durch das Nachschlagen von Patientendaten grob geschätzt um maximal 1 %. Inwieweit diese Zusatzkosten im Verhältnis zum Patientennutzen stehen, bzw. noch reduziert werden können, müssen nachfolgende Studien zeigen.

5.6.4 SCHWÄCHEN DES STUDIENAUFBAUS

Die geringe Fallzahl von nur 51 Eingriffen lässt bei der Auswertung lediglich Trends erkennen. Dies gilt beispielsweise für die Ergebnisse in Tabelle 10. Liegen weniger als zehn Operationen vor, kann keine sinnvolle Aussage über die Nutzungshäufigkeit in Abhängigkeit der Operation getroffen werden. Das gleiche gilt für die Ergebnisse in Tabelle 13. Auch hier sind die Anzahl der aufgerufenen Dokumente zu gering um eine Aussage treffen zu können. Abhilfe schafft die Gruppierung in die Bereiche Hals, Nase und Ohr, wie sie in Tabelle 11 und Abbildung 44, bzw. Abbildung 45 realisiert worden ist.

Für die Nutzung des „MI-Reports“ muss der Operateur seinen Arbeitsfluss unterbrechen und mit der Hand feinmotorische Bewegungen ausführen. Dies kann Konzentrationsfehler, verstärkten Tremor oder erhöhte emotionaler Anspannung verursachen. Dadurch könnte sich die Operation um eine nicht messbare Dauer verlängern oder zu verringerter Patientensicherheit führen.

5.7 STUDIE „DOC-O-R“

Die Ergebnisse, welche ausschließlich die Doc-O-R-Studie betreffen werden im Folgenden diskutiert.

5.7.1 SCHWÄCHEN DER STUDIE

Während der Studie haben sich die Probanden stetig an das System gewöhnt und die Übersicht der medizinischen Daten (KIS-Übersicht) immer regelmäßiger anstatt am Terminal im Operationsaal angesehen. Hätte die Gewöhnung bereits vor der Studie eingesetzt, wären noch mehr KIS-Übersichten in der präoperativen Phase zu verzeichnen gewesen. Zudem war die KIS-Übersicht auf Grund technischer Schwierigkeiten bei der Übertragung nur bei 87 % der Eingriffe verfügbar.

5.7.2 ALGORITHMUS

Der Algorithmus zeigt sehr gute Ergebnisse (Abbildung 47), es waren meist keine bis wenige Tritte notwendig um das gewünschte Dokument zu erreichen. Drei Algorithmusprofile für jeweils Hals, Nase und Ohr-Operation waren ausreichend. Eine stärkere Spezialisierung auf die Art der Eingriffe war hinsichtlich der vorliegenden Dokumente und den Anforderungen der beiden Chirurgen nicht notwendig.

Tabelle 14 (Seite 77) zeigt die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Darstellung der vom Operateur gewünschten Dokumente. Weiterhin zeigt sie, in wie viel Prozent der Fälle tatsächlich keine Interaktion notwendig war. War in einem Eingriff nur ein einziges Dokument von Relevanz, so beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass dieses zufällig angezeigt wird 32%. In durchschnittlich einem von drei Eingriffen würde theoretisch dem Operateur das gewünschte Dokument präsentiert, ohne dass das System genauere Kenntnis über den Inhalt des Dokuments bräuchte. Jedoch trat fast ebenso häufig (22-mal) der Fall ein, dass der Operateur zwei Dokumente betrachtete, ohne das System bedienen zu müssen. Das zufällig diese zwei Dokumente angezeigt werden ist nur noch halb so wahrscheinlich (15 %). Dennoch ist dieser Mittelwert relativ hoch, was daran liegt, dass bei einigen dieser Eingriffe sehr wenige Dokumente vorlagen. Während der Studie wurden nur während zwei Eingriffen drei unterschiedliche Dokumente betrachtet. Der Algorithmus zeigte dabei jeweils eines der gewünschten automatisch an.

Dieser Vergleich zeigt deutlich die Effektivität des Algorithmus. Je umfangreicher die Patientenakte wird, desto unwahrscheinlicher wird die zufällig Anzeige der benötigten Dokumente. Zudem besitzt der Algorithmus noch viel Potential für Verbesserungen. Vor allem bei umfangreicheren Akten komplexerer Disziplinen ist der Einsatz eines solchen Merkmals in zukünftigen EPA-Systemen notwendig, um den Operateur zu entlasten.

5.7.3 DARSTELLUNG

Die Bilder in den Docks wurden in ausreichender Größe angezeigt (siehe Abbildung 40). Dies erschließt sich aus Abbildung 47, denn zum Vergrößern des Bildes auf gesamt Bildschirmgröße ist mindestens genau ein Tritt auf das Pedal notwendig.

Interessant ist die Kombination unterschiedlicher Dokumente. In einigen Fällen wurden Schlüsse aus zwei gleichzeitig dargestellten Dokumenten gezogen, die aus dem jeweils einzelnen Dokument nicht ersichtlich gewesen wären. Dies sollte bei zukünftigen Versionen des Algorithmus ausgenutzt werden.

5.7.4 *BEDIENUNG*

Der Fußschalter vertrug sich gut mit der Vielzahl der bereits vorhandenen Fußschalter. Auch bei Eingriffen, welche im Stehen durchgeführt wurden, kam es zu keinen Einschränkungen.

5.7.5 *PHASEN*

Die beobachtete Nutzung des EPA-Systems kann in zwei Phasen aufgeteilt werden. In der ersten Phase betritt der Chirurg den Operationstrakt und kann sich von den meisten Positionen im Saal die wichtigsten Daten über den Patienten ansehen, ohne ein Gerät zu bedienen. Währenddessen kann er sich umkleiden und steril machen.

Die zweite Phase beginnt mit der sterilen Bekleidung und dem Schnitt am Patienten. Ab jetzt dürfte er keine Papierakte oder Terminal mehr selbst berühren. Ergeben sich nun während der Operation bestimmte Fragestellungen, kann er das EPA-System weiterhin mit dem Pedal konsultieren.

Wie in Abbildung 49 zu sehen, werden präoperativ (49) und intraoperativ (35) ähnlich oft Dokumente betrachtet. Dies zeigt, dass das EPA-System sowohl für die präoperative als auch in gleichem Maße für die intraoperative Nutzung optimiert werden muss. Abbildung 47 zeigt, dass für den Großteil der Nutzungen das Pedal nicht verwendet werden musste. In vielen Fällen erfolgte die Nutzung von beliebigen Orten im Saal, bevor der Eingriff begann.

5.7.6 *NUTZUNG*

Durchschnittlich wurde das EPA-System 1,5 mal pro Eingriff genutzt.

Wie in Abbildung 47 und Abbildung 48 zu sehen, wurden die medizinischen Daten (KIS-Übersicht) sehr häufig aufgerufen. Bei 62 % der Eingriffe wurden die medizinischen Daten angesehen. Die Zahl wäre noch größer, wenn die Chirurgen sich nicht erst an die Verfügbarkeit dieser Daten im Saal hätten gewöhnen müssen.

Klar zu erkennen ist bei Eingriffen am Ohr die Nachfrage nach dem Audiogramm, an der Nase nach koronalen CT-Schichtbildern oder radiologischen Gutachten, bei Revisionen nach Bildern aus der vorigen Operation und generell nach der KIS-Übersicht (Abbildung 48).

Beispiele für intraoperative Nutzung:

- a) Der Operateur soll laut OP-Plan lediglich eine Nasennebenhöhlen-OP durchführen. Während der Infundibulotomie stellt er eine Septumdeviation fest. Ein Blick in die Akte auf dem Bildschirm bestätigt die Vermutung und zeigt auch die Einwilligung des Patienten zur Septoplastik an.
- b) Durch den Stil und anhand des Datums wurde ein Fall aus der Vergangenheit erkannt, dessen Komplexität dem OP-Plan nicht zu entnehmen war.

Nachfolgend ein Beispiel zum beschleunigten Aufnehmen der Patienteninformationen:

- a) Der Operateur sieht bei Betreten des Saals ein Bild aus der Voruntersuchung vom äußeren Gehörgang. Es ist deutlich ein Pilz zu erkennen. Durch die Software ist sichergestellt, dass das Bild aus der letzten und nicht aus einer bereits länger zurückliegenden Untersuchung stammt. Die Pilzerkrankung kann somit vom Operateur deutlich schneller aufgenommen werden.

5.7.7 REVISIONEN

Zusätzlich wurden die Eingriffe nochmals in Revisionen und Nicht-Revisionen unterschieden. Ob es sich bei der Operation um eine Revision handelte, wurde aus dem OP-Plan, bzw. der Patientenakte entnommen.

Erwartungsgemäß ist bei Revisionen ein Zugriff auf OP-Berichte und Bilder des letzten Eingriffs zu verzeichnen. Dies liegt daran, dass der Operateur dadurch eher mögliche Komplikationsrisiken erkennt, z.B. anatomische Variationen wie freiliegender N. facialis bei Eingriffen am Ohr. Das Nutzungsverhalten zeigt, dass die Berichte in knapp der Hälfte der Fälle von Interesse sind und vom Algorithmus in allen Fällen in den leicht erreichbaren Docks platziert worden sind.

6 SCHLUSSFOLGERUNG

Wenn eine Klinik bereits auf eine elektronische Patientenakte umgestellt hat, bzw. alle Papierdokumente auch digital vorliegen, bietet sich eine für den Operationssaal optimierte Darstellung in jedem Falle an.

Die Installation einer intraoperativ nutzbaren Patientenakte wird sehr wahrscheinlich mit einer Erhöhung der Zugriffe auf die Patientenakte einhergehen. Dies ist sowohl für Arzt als auch Patient von Vorteil. Ebenso zeigte das OP-Personal sowie Anästhesie reges Interesse. Der zeitliche Aufwand für die Nutzung eines EPA-Systems ist bei ausgereiften Bediensystemen vernachlässigbar. Es besteht jedoch grundsätzlich die Gefahr, dass der Operateur durch die neue Technik das gründliche Aktenstudium vor dem Eingriff vernachlässigt und in den OP verlegt. Dies könnte sich nachteilig auf die Patientensicherheit auswirken, sowie die Zeiten für die Nutzung des EPA-Systems erhöhen.

Es ist möglich, die Interaktionen zur Benutzung eines EPA-Systems für den OP merklich zu reduzieren. In der ambulanten HNO-Chirurgie sind einfache Algorithmen zur Vorauswahl der Dokumente ausreichend. Auch der Umfang der benötigten Metadaten ist gering.

6.1 BEDIENUNG

Eine nicht zu verachtende Erkenntnis war, dass die Analyse des Nutzungsverhaltens des Chirurgen mit technischen Systemen alleine nicht realisierbar ist. Log-Dateien, Eyetracker oder Videobilder beispielsweise eignen sich zur Unterstützung der Protokollierung, können aber keinesfalls das geschulte Auge eines fachkundigen Menschen ersetzen.

Die Gestenerkennung zeigt großes Potential. Durch die Anbringung am Deckenarm spart sie kostbaren Platz im Operationssaal. Es besteht lediglich die Gefahr, dass Umgebungseinflüsse die korrekte Erkennung der Hand behindern, sowie dass der Operateur sich zu sehr auf die Steuerung konzentrieren muss. Auch der Arbeitsbereich ist mit ca. 1m x 1m x 1m relativ gering und kann eine Nachführung des Deckenarms notwendig machen. Zur schnelleren Positionierung der Hand sollte dem Benutzer die aktuelle Position der Hand relativ zum Arbeitsbereich schematisch oder per Video angezeigt werden.

Selbst wenn sich dem Operateur die Möglichkeit bietet, durch sterile Bedienmethoden Zugang zu den Patientendaten zu erhalten, kann er dabei in seinem Arbeitsfluss behindert werden. Folgende Aufzählung zeigt den Schweregrad der Arbeitsflussunterbrechung in aufsteigender Reihenfolge:

- Blick vom Patienten nehmen
- Hände (mit Instrumenten) aus dem Situs nehmen
- Instrumente aus der Hand geben
- Komplexe Handlungen ausführen

Die Studie zeigt, wie wichtig eine automatische Vorauswahl der Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs ist. Der Operateur musste in diesem Fall seine Hände nicht vom Patienten nehmen und seinen Arbeitsfluss nicht unterbrechen. Die Alternative, eine Bedienung durch OP-Personal, wird laut Umfrage von den meisten Befragten skeptisch gesehen, bzw. abgelehnt.

Sowohl eine Bedienung mit Gestenerkennung als auch mit Fußschalter ist praktikabel. Beide Systeme zeigen, wie wichtig die Anpassung des Bedienkonzepts an die grafische Oberfläche des EPA-Systems ist. Die Steuerung darf keinen erhöhten Konzentrationsaufwand erfordern.

Die Bedienung sollte auch möglichst wenig motorische Ansprüche an den Chirurgen stellen, um diesen nicht aus seinem Arbeitsfluss zu bringen. Es darf auch nicht zu viele Auswahlmöglichkeiten auf der Oberfläche geben, da die Konzentration des Chirurgen voll dem Patienten gilt und nicht der Bedienung des EPA-Systems. Ob die Bedienung per Fuß, Gesten oder Sprache realisiert werden sollte, hängt von den Vorlieben einzelner Chirurgen ab. Von Vorteil ist die Adaption des Bedienkonzepts an die Darstellung bereits in der Klinik verfügbare Softwareprodukte (z. B. dem KIS).

6.2 STANDARDISIERUNG

Beide Studien haben gezeigt, wie wichtig Standardisierung ist. Bereits beim Datentransfer vom KIS zum EPA-System war aufgrund fehlender Softwareschnittstellen der Datenexport als Bitmap notwendig, Metadaten – falls vorhanden – gingen dadurch verloren. Auf die Datenbank, welche die medizinischen Daten enthielt, konnte aus technischen Gründen nicht zugegriffen werden. Man musste sich mit einem Bildschirmfoto der Daten begnügen. Eine HL7- und/oder DICOM-Schnittstelle hätte viel Arbeit erspart.

Neben der standardisierten Schnittstelle ist auch die standardisierte Beschreibung der Inhalte eines Dokuments von großem Vorteil. Schon mit dem Wissen über den Zeitpunkt der Dokumenterstellung, sowie über die Art des Dokuments ist eine gute automatische Vorauswahl der Dokumente möglich. Abschließend haben sich folgende Metadaten für Dokumente als ausreichend erwiesen (Relevanz der Information in absteigender Reihenfolge):

- Patientename
- Zeitpunkt der Erstellung des Dokuments
- Dokumenttyp (Audiogramm, CT-Bild, etc.)
- Warnungen / Allergien
- Seite (rechts, links)
- Ansicht (koronal, sagittal, axial)
- Region

Sollen genau die identifizierten Metadaten zukünftig im Operationssaal genutzt werden, sollte man auf vorhandene Standards zurückgreifen. Problematisch ist bei der Nutzung von DICOM-Dateien, dass hier kein sicherer Rückschluss auf die Art des Dokuments gezogen werden kann, lediglich die Modalität ist angegeben. Auch die Ansichten der Schichtbilder (axial, koronal, sagittal) können nicht eindeutig definiert werden. Bei HL7 ist nicht konkret beschrieben, wie ein Dokument transportiert werden soll und an welcher Stelle mit welchem Code die Art des Dokuments gespeichert werden soll. An dieser Stelle könnte IHE mit der geplanten Domäne „Surgery“ Abhilfe schaffen und genau den Aufbau einer HL7-Nachricht festlegen, sowie die zu verwendenden Attribute in DICOM spezifizieren.

Erst die Unterstützung medizinischer Standards nach detaillierten Richtlinien durch beide Systeme, KIS und EPA-System, erlauben eine kostengünstige Nutzung der bereits vorhandenen EPA auch im Operationssaal. Werden keine Standards unterstützt, sind zusätzlich kostenintensive, auf eine spezielle Klinik abgestimmte, Applikationen erforderlich. Jedes Update von KIS oder EPA-System würde eine Gefahr darstellen, dass die Kommunikation der Systeme danach nicht mehr zuverlässig funktio-

niert. Ein Herstellerwechsel, bzw. Update des KIS würde die Software höchstwahrscheinlich unbrauchbar machen.

6.3 DARSTELLUNG

Nicht nur die Darstellung auf einem Bildschirm ist für den Operateur von Bedeutung, sondern ebenfalls die Anzahl, Anordnung und Größe der Bildschirme im Operationssaal. Eine Bewertung der Video- und Arbeitsplatzkonzepte im Operationssaal am Beispiel des Produkts OR1 (Fa. Karl Storz, Tuttlingen), wird in [84] besprochen. Dort wird u. a. auf die wichtige Rolle der Bildschirmergonomie bei endoskopischen Eingriffen hingewiesen. Da endoskopische Eingriffe in der HNO-Chirurgie sehr häufig sind, müssen diese Anforderungen mit denen an EPA-Systeme in Einklang gebracht werden.

Der Chirurg muss im Operationssaal Informationen von mehreren Orten aus im Blick haben. Momentan existieren zwei Möglichkeiten: Die Darstellung auf einem sehr großen (größer 50“), aber festinstallierten Bildschirm oder auf kleineren (kleiner 25“), frei schwenkbaren Bildschirmen.

Je nach Art des Eingriffs können sich Betrachtungswinkel und Entfernung zu einem Bildschirm ändern. Aus diesem Grund müssen Dokumente und besonders relevante Informationen entsprechend groß dargestellt werden. Dadurch verringert sich die Zahl der gleichzeitig angezeigten Dokumente, was wiederum die automatische Vorauswahl erfordert.

Die Position des zentralen Bildschirms, welche bei beiden Studien verwendet wurde, hat sich als äußerst vorteilhaft herausgestellt. Sowohl während der meisten Operationen (Ausnahme: Mikrolaryngoskopie) als auch im Vorfeld einer Operation, konnten Chirurg und Belegschaft die angezeigten Informationen gut wahrnehmen. Auch Assistenten konnten von ihrer Position aus den vollständigen Bildschirminhalt einsehen.

Zu beachten ist die Helligkeit des Bildschirms. Je nach Eingriff wird der Operationssaal entsprechend abgedunkelt. Eine Anwendung, die auf einem über 50 Zoll großen Bildschirm viel helle Fläche zeigt, kann als störende Lichtquelle wahrgenommen werden.

Animationen sollten sehr gezielt eingesetzt werden, da sie den Operateur ablenken können, wenn sie unvermittelt auftreten oder grundlos die Aufmerksamkeit auf sich ziehen.

Bei der Darstellung von Patientendaten sollten unabhängig von der Art des Eingriffs die demographischen Daten des Patienten und die Indikation für den Eingriff deutlich zu sehen sein.

Dokumente aus einer Akte sollten am Bildschirm im Vollbildmodus als solche erkennbar sein, um eine Verwechslung mit Live-Bildern zu verhindern. Besonders bei Eingriffen, bei denen ein Mikroskop genutzt wird und das Live-Bild auf einem oder mehreren Bildschirmen zu sehen ist, besteht diese Gefahr. Wenn der Operateur auf den Bildschirm blickt, auf dem sich ein Mikroskopbild des Patienten einer vergangenen Operation befindet, ist eine Unterscheidung zwischen Akte und Live-Bild im ersten Moment schwierig und wirkt dadurch irritierend.

Das jeweilige Darstellungskonzept der beiden Studien wies einige Unterschiede auf, da bei der Bedienung durch Gesten mit dem Mauszeiger Schaltflächen angewählt werden konnten, während bei der Steuerung mit Fußschalter die Hervorhebung des angewählten Docks von Bedeutung war. Sehr wichtig war die Möglichkeit, Dokumente zu vergrößern. Besonders bei Dokumenten, die Text enthielten war sonst die Lesbarkeit eingeschränkt. Der Zeitstrahl, welcher in der zweiten Studie alle vor-

handenen Dokumente chronologisch skaliert darstellte, wurde nicht zur Übersicht über den Patienten sondern ausschließlich zur Navigation genutzt.

Der bewusste Verzicht von Livevideos, erweiterten Patientendaten wie Gewicht oder Glucosewerten, oder der Hämodynamik wurde von Chirurgen oder Personal nicht wahrgenommen. Dies zeigt, dass bei der Darstellung sehr sorgfältig die angezeigten Informationen ausgewählt werden müssen, um die grafische Oberfläche nicht zu überladen und somit eine gute Übersicht über den Fall sicherzustellen. Nicht alle verfügbaren Daten müssen zwangsläufig dem Chirurgen angezeigt werden.

Die grafische Oberfläche wurde von dem Chirurgen und seinen Mitarbeitern als Einrichtungsgegenstand im Operationssaal betrachtet. Das bedeutet, dass grafische Oberflächen ästhetisch gestaltet sein sollten und sowohl farblich als auch vom Stil auf die vorhandenen Geräte und Softwareprodukte angepasst werden sollte. Zu der vorhandenen Software zählen unter anderem das KIS, sowie Oberflächen zur Steuerung des Videoroutings oder zur Speicherung während des Eingriffs erstellter Bilder.

Die Anästhesie ist für gewöhnlich organisatorisch von den Chirurgen getrennt, deshalb fanden sich auch keine Anästhesieprotokolle in der EPA. Der Anästhesist hatte ebenfalls einen sehr guten Blick auf den zentralen Bildschirm, die parallele Nutzung für Anästhesieprotokolle wurde im Rahmen einer weiteren Studie untersucht. Dabei zeigte sich, dass der Anästhesist eine parallele Nutzung des EPA-Systems mit eigener Bedieneinheit nicht ablehnte, jedoch einen eigenen Bildschirm bevorzugte. Der Operateur fühlte sich durch die parallele Nutzung nicht gestört.

Patientendaten werden zukünftig für folgende Systeme zu optimieren sein:

- Desktop-PC / Computerterminal
- Großbildschirm im OP
- Mobile Geräte (Tablets, Smartphones)

6.4 NUTZUNGSVERHALTEN

Die Einführung einer elektronischen Patientenakte alleine bedeutet nicht automatisch, dass dadurch Zeit gespart wird und Abläufe verbessert werden. Kleine Bildschirme, ungünstig positionierte Terminals, anstrengende Bedienung, schlecht platzierte Tastaturen, automatisches Ausloggen und viele andere mögliche Faktoren lassen in manchen Fällen die herkömmliche Papierakte wieder herbeisehen.

Der Blick in die Akte vor einem Eingriff kann bewusst in den Operationssaal verlegt werden, um Zeiträume, in denen der Operateur nicht operieren kann, auszunutzen. Beispiele dafür sind das Trocknen der Hände bei der Desinfektion oder das Ankleiden.

Die Systeme beider Studien wurden mit durchschnittlich mehr als einem Zugriff pro Eingriff auf die Akte sehr häufig genutzt. Im Vergleich zur Nutzung bei ambulanten Routineeingriffen ohne solche EPA-Systeme stellt dies einen beachtlichen Wert dar.

Anhand der Studien konnte kein markanter Unterschied bei der Nutzungshäufigkeit zwischen Fußschalter und Gestenerkennung gezeigt werden, da die Zusammenstellung der Dokumente in der Studie "MI-Report" nicht rein zufällig erfolgte. Es ist jedoch anzunehmen, dass eine Bedienung, welche keine hohen motorischen Anforderungen und Konzentration fordert, die Hemmschwelle senkt, Dokumente nachzuschlagen und den Operateur in geringerem Maße aus dem Arbeitsfluss bringt.

Es konnte ein Zusammenhang zwischen der Art des Eingriffs und den betrachteten Dokumenten hergestellt werden. Dies wurde in der zweiten Studie untersucht, indem ein Algorithmus in Annahme dieser Abhängigkeiten vermeintlich relevante Dokumente automatisch präsentierte. Das Ergebnis zeigt, dass in 68 % der Fälle keine Interaktion mit dem System notwendig war.

Überraschend war die hohe präoperative Nutzung der Systeme. Für den Operateur war die Darstellung relevanter Dokumente beim Betreten des Saals von großem Nutzen, da diese Dokumente aussagekräftiger als die Vermerke im OP-Plan waren. Ein weiterer Grund war in der zweiten Studie die Tatsache, dass ein Bildschirmfoto der medizinischen Daten aus dem KIS (Dokument „KIS-Übersicht“) automatisch präsentiert wurde. Somit konnte der Operateur darauf verzichten, den Patienten manuell am Terminal aufzurufen, um die Akte sich vorab einzuprägen. Das „Verlagern“ dieses speziellen Arbeitsschrittes in den Operationssaal mit automatischer Patientenwahl wurde begeistert aufgenommen. Dies resultierte darin, dass mehr als die Hälfte der Nutzungen in der zweiten Studie präoperativ, also vor dem Schnitt, erfolgte.

7 AUSBLICK

Durch die rasante Entwicklung, vor allem im Bereich der Unterhaltungselektronik, aber auch durch die Kombination der in Kapitel 1.2 vorgestellten Möglichkeiten ist noch ein großes Potential zur Optimierung von EPA-Systemen im OP vorhanden.

Die nächste Stufe sollte die Untersuchung von komplexeren Eingriffen sein, wodurch zusätzliche Anforderungen an Algorithmus, Bedienung und Darstellung identifiziert werden könnten.

Geräte für diagnostische Verfahren werden während der nächsten Jahrzehnte den Umfang an Informationen über einen Patienten stetig erhöhen. Sollte in Deutschland die elektronische Gesundheitsakte eingeführt werden, kann auf eine noch umfassendere Anzahl von Dokumenten, bzw. Patientendaten zurückgegriffen werden, welche bald nur noch maschinell ausgewertet, bzw. aufbereitet werden können.

Das Zusammenspiel von sterilen Bedienkonzepten, Standards für mehr Interoperabilität und Maschinenlesbarkeit, sowie die geeignete Darstellung und verändertes Nutzungsverhalten der Patientenakte werden auch noch mittelfristig gleichermaßen Unternehmen wie Forschung beschäftigen.

7.1 BEDIENUNG

„Die beste Bedienung ist keine Bedienung“ (Christian Dressler)

Selbst wenn es immer bessere und erstaunlichere Methoden geben wird, um Systeme im OP zu bedienen, so wird der Chirurg am zufriedensten sein, wenn er möglichst wenig Interaktionen ausführen muss und die Software die Anforderungen des Chirurgen automatisch berücksichtigt.

Im Kapitel 1.2.6 wurden die relevanten Systeme und Forschungsergebnisse vorgestellt, welche für die Bedienung im Operationssaal geeignet erscheinen. Im Folgenden sollen einige dieser Möglichkeiten gedanklich kombiniert und deren potentieller Nutzen beschrieben werden.

Während der Studien wurde mit der für die Spielekonsole Xbox entwickelten „Kinect“ ein hochentwickeltes und sehr kostengünstiges System zur Gestenerkennung eingeführt. Dieses System dürfte die in Kapitel 5.6.2 gezeigte Hemmschwelle bei der Bedienung drastisch senken.

In Zukunft wird der Operateur sehr wahrscheinlich neben einem EPA-System auch weitere Systeme bedienen müssen. Um dies zu erleichtern könnten Kameras, die kaum wahrnehmbar in jedem Bildschirm im Operationssaal integriert sind, kontinuierlich Mund und Augen des Operateurs erfassen. Durch die Blickerfassung könnte festgestellt werden, welcher Bildschirm sich gerade im Interesse des Operateurs befindet. Werden die Bildschirme unterschiedlichen Systemen zugeordnet, kann dadurch zwischen den Anwendungen gewechselt werden. Zur besseren Identifikation könnte der Operateur als einziger ein mit einer Leuchtkugel markiertes Stirnband tragen oder alternativ einen IR-Strahler, wie er bei der Wii-mote zum Einsatz kommt, am Kopf befestigen. Dieselben Kameras könnten zusätzlich Mundbewegungen auswerten und zur Spracherkennung nutzen. Damit ließen sich Bedienmodi wechseln, beispielsweise bei der Gestenerkennung: Nach einem Sprachkommando würde mit dem Finger durch CT-Schichtbilder navigiert, statt wie zuvor der Mauszeiger bewegt.

Da sich bei der Gestenerkennung die Hand ohnehin in einem begrenzten Arbeitsbereich befinden muss, könnte ein darüber angebrachter Projektor Schaltflächen auf die erkannte Hand projizieren. Eine neben dem Projektor angebrachte Kamera könnte auswerten, welcher Knopf gedrückt wurde. Die Berührung der Haut durch den Finger könnte wiederum mit den Methoden der Bioacoustics bestätigt werden (siehe Abbildung 9). Auch ein Beschleunigungssensor in Form eines Armbands könnte eine entsprechende Bewegung des ausführenden Arms bestätigen und unbeabsichtigte Berührungen ausschließen.

In Anbetracht immer kleineren Bauformen vieler Sensoren und leistungsarmer, schnurloser Übertragungsmöglichkeiten, ist deren Integration in den Arztkittel denkbar. Ein sterilisierbarer Beschleunigungssensor, bzw. ein Beschleunigungssensor unterhalb des Kittels am Handgelenk des Operateurs kann Handbewegungen ohne Sichtkontakt zu einem Sensor erkennen. In Verbindung mit Gestensteuerung kann das System dadurch registrieren, wenn der Arm den Arbeitsbereich verlassen hat und konkrete Hinweise zum Weg zurück in den Arbeitsbereich geben. Ebenfalls in den Kittel integrieren ließe sich ein flexibles Band, welches seine Biegungen an einen Rechner sendet (ShapeTape).

Da das Auslösen eines Klicks per Gestenerkennung erhöhte Konzentration erfordert, könnte ein weiteres Armband unterhalb des Ellbogens per EMG das Zusammendrücken eines Fingers mit dem

Daumen detektieren und dadurch pro Hand drei unterschiedliche Klicks auswerten. Alternativ wäre der Einsatz von Fußschaltern möglich, welche jeweils mindestens zwei Zustände unterstützen.

Eine weitere Möglichkeit, die Bedienung der Patientenakte zu minimieren, ist die Erkennung und Auswertung von Arbeitsabläufen. So könnten Geräte zur 3D-Vermessung (z. B. Oberflächenscanner) oder RFID-Transponder an Instrumenten und Personen Aufschluss über die aktuelle Phase des Eingriffs geben und die Dokumente der Patientenakte nach jeder Phase neu anordnen. Somit ließe sich die automatische Dokumentenvorauswahl weiter optimieren. Ein Multitouch-Tisch könnte neben der Bedienung und der Darstellung zusätzlich als Ablage für Instrumente Verwendung finden. Dadurch könnte eine Software erkennen, welche Instrumente sich momentan in Benutzung befinden und Rückschlüsse auf die aktuelle Phase ziehen, in der sich der Operateur befindet. Gleichzeitig wäre diese Abstellfläche auch ein Bedienelement für den Chirurgen.

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass das Gebiet der intraoperativen Bedienung sich noch in den Anfängen befindet. Die immer komplexer werdenden Geräte und die immer höhere Verfügbarkeit digitaler Patientendaten müssen in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit vom Chirurgen selbst bewältigt werden. Gleichzeitig wird der Grad der Automatisierung steigen und dem Chirurgen Interaktionen abnehmen, die er heute noch selbst tätigen muss. Mittelfristig können sterile Bedienkonzepte während einer Operation zusätzlich Einsatz finden zum Einstellen des Saugers, zum Auslösen des C-Bogens, zum Verfahren des Tisches, zur Änderung des Spülflusses der Fräse oder zur Konfiguration der Ultraschallparameter.

Die Bedienung zukünftiger Systeme wird stark von den Vorlieben einzelner Chirurgen abhängen, was zur Verbreitung mehrerer Bediensysteme führen wird. Wahrscheinlich wird sich eine Kombination aus Multitouch mit sterilisierbarer Klarsichtplatte, einfachem Fußschalter und simpler Gestenerkennung durchsetzen. Kameras zur Blickverfolgung könnten diese Methoden ergänzen.

7.2 STANDARDISIERUNG

„Lead, follow, or get out of the way!“ (Thomas Paine)

Standardisierungsprozesse sind im Allgemeinen nicht nur technischer, sondern auch politischer Natur. Manche Beteiligte sehen dabei ihr Ziel in dem Verhindern eines gemeinsamen Konsenses oder möchten Einfluss ausüben, ohne fachliche Beiträge beizusteuern. Die in Kapitel 5.5 erwähnten Gründe für die mangelnde Interoperabilität in den Operationssälen sind nachvollziehbar. Jedoch wird der Druck der Betreiber auf die Geräte- und Informationssysteme-Hersteller, Standards zu unterstützen, weiter steigen, wodurch das Kombinieren preisgünstiger und für den jeweiligen Operationssaal angepasster Systeme deutlich einfacher werden wird. Um die mittlerweile extrem umfassenden Standards für die jeweiligen Einsatzgebiete sicher nutzen zu können, werden sowohl die Richtlinien zur Nutzung vorhandener Standards (z. B. IHE), als auch Standards zum Risikomanagement (z. B. ISO 80001) verstärkt Einsatz finden.

Während die meisten Systeme nur die Daten einiger anderer Komponenten benötigen, stellt ein EPA-System eine Ausnahme dar: es hat im Idealfall Zugriff auf alle über den Patienten verfügbaren Daten. Deshalb hängt der erfolgreiche Einsatz solcher Systeme besonders mit dem flächendeckenden Grad der Standardisierung zusammen.

Die Standardisierung wird auch von dem Einsatz dreidimensionaler Technik im OP beeinflusst. In DICOM hat die Verwaltung dreidimensionaler Daten bereits Einzug gehalten, weitere 3D-spezifische Erweiterungen sind in Arbeit. DICOM, entwickelt sich immer mehr zu einem Standard für ein Archivierungssystem, welches nicht mehr auf rein radiologische Bilder beschränkt ist. Dieser Trend ist weniger der Struktur des Standards geschuldet, als der Tatsache, dass jedes Klinikum über eine entsprechende PACS-Infrastruktur (Bandspeichergeräte, Sicherheitskopien) verfügt, um der gesetzlich vorgeschriebenen Vorratshaltungspflicht für Röntgenaufnahmen nachzukommen.

Für die Studie wurde eine eigene Ontologie genutzt: Der Inhalt der den Dokumenten hinzugefügten Metadaten ist in Tabellen festgelegt, die Software zum Anzeigen muss diese Tabellen kennen. Für komplexere Projekte ist diese Methode zu fehleranfällig. Anatomische Regionen und Dokumentinhalt müssten in SNOMED angegeben werden, denn aus dieser Nomenklatur ist beispielsweise ersichtlich, dass Nase und Ohr zum Kopf gehören, dass ein Audiogramm Teil einer audiologischen Untersuchung ist, genau wie die Tympanometrie, welche beide zu Untersuchungen am Ohr zählen. Durch diese Verkettungen können die Dokumente nach verschiedensten Gesichtspunkten sortiert und präsentiert werden. Dokumenttypen könnten durch LOINC ausgedrückt werden [86], Krankheiten durch ICD-10. Dadurch wäre die Software auch in der Lage, mehrere Sprachen zu unterstützen.

Um Dokumente automatisch in ein standardisiertes Format zu überführen, können verstärkt Anwendungen zur Texterkennung eingesetzt werden, welche aus den Inhalten eines Dokuments entsprechende SNOMED- oder ICD-Schlüssel generieren.

In der Zukunft kann ein EPA-System eines beliebigen Herstellers im Operationssaal installiert werden. Dieses wird dann automatisch erkennen können, welcher Patient sich aktuell im Saal aufhält, welcher Eingriff geplant ist, ob Warnungen zu dem Patienten vorliegen und anschließend sämtliche verfügbaren Daten abrufen und Dank der Metadaten die umfangreichen Dokumente und Fakten op-

timiert darstellen können. Die standardisierte Beschreibung der Dokumenteninhalte wird zur besseren Maschinenlesbarkeit bei Abrechnungen oder wissenschaftlichen Auswertungen flächendeckend eingesetzt sein. Möglich wird dies, indem alle Hersteller von Geräten und Softwareprodukten anerkannte Standards unterstützen und deren Implementierung beschreiben.

Aufgrund der geringen Verbreitung medizinischer Kommunikationsstandards ist eine vollautomatische Anbindung solcher EPA-Systeme an die Klinik-IT mittelfristig nicht ohne Aufwand möglich.

Spannend bleibt dabei die Frage, in welchem Maße die Patientendaten dann von kommerziellen Dienstleistern stammen und wie weit sich patientenmoderierte Akten wie die deutschlandweit geplante EGA durchsetzen.

7.3 DARSTELLUNG

„Die grafische Oberfläche ist Teil der Einrichtung des Operationssaals“ (Gero Strauß)

Die zukünftigen grafischen Oberflächen von EPA-Systemen werden sich stark an die Oberflächen anderer Systeme, aber auch an die Raumausstattung anpassen lassen.

Hersteller von medizinischer Software werden in Zukunft nicht mehr darauf verzichten können, Mediendesigner einzustellen und für eine optisch ansprechende und übersichtliche Oberfläche, sowie für komfortable Benutzung zu sorgen. Um der Übersichtlichkeit gerecht werden zu können, werden die Systeme der Zukunft die Daten über mehrere Bildschirme verteilen. Größe und Mobilität der Bildschirme werden abhängen von der Art der Daten und den Anforderungen des Chirurgen.

Neben der Patientenakte könnten auf der Oberfläche eines EPA-Systems auch kurze Bestätigungen anderer Systeme angezeigt werden, beispielsweise, wenn eine Aufnahme des Endoskopbildes erfolgreich gespeichert wurde. Auch die perioperative Darstellung von Informationen, welche für die Anästhesie von Relevanz sind, ist in Zukunft denkbar. Um die Oberfläche nicht zu überladen sollten diese Informationen nur auf Knopfdruck durch den Anästhesisten angezeigt werden können und nach einiger Zeit wieder automatisch ausgeblendet werden. Auch ein anatomischer Atlas, welcher die wichtigsten Strukturen in Abhängigkeit des Eingriffs darstellt, ist technisch ohne weiteres realisierbar.

Wie die hohe Nutzungsfrequenz gezeigt hat, sollten die medizinischen Daten (KIS-Übersicht) bei einem EPA-System als Text fest in die grafische Oberfläche integriert werden, sodass diese stets sichtbar sind und den Platz im Dock einem anderen Dokument freihalten.

Ein interoperabler OP würde auch das Videorouting von Kurven und Messwerten überflüssig machen. Ein EPA-System müsste die grafische Darstellung von Kurven und Diagramm nicht mehr direkt vom Anästhesiegerät oder den Software-spezifischen Darstellungen von Untersuchungsergebnissen übernehmen. Es könnte alle Werte grafisch an die Benutzeroberfläche anpassen oder vereinfachen. Letzteres könnte in Form von Uhren, Balken oder Ampeln geschehen.

Nicht nur in den Heimkinos ist dreidimensionales Betrachten auf dem Vormarsch, auch in der Medizin ist ein solcher Trend zu erkennen, Daten mit oder ohne 3D-Brille dreidimensional darzustellen. Grundlage für diese Form der Darstellung bieten beispielsweise Stereoendoskope mit zwei integrierten Kameras oder Computer-generierte 3D-Modelle aus Volumendaten (z. B. CT, MRT) und Oberflächen (z. B. 3D-Scanner). In welchem Maße die 3D-Technik in Zukunft eine Rolle spielen wird, beispielweise in Kombination mit den vorgestellten 3D-Avataren, ist noch schwer einzuschätzen.

Bei der herkömmlichen Diagnose werden vom jeweiligen Facharzt (Radiologe, Internist, Pathologe, ...) beispielsweise Röntgenbilder, Biopsien o. ä. unabhängig voneinander befundet. Ziel der sogenannten modellgestützten Therapie ist es, alle verfügbaren Informationen über einen Patienten zu sammeln und entsprechend auszuwerten. Dazu gehören neben den Bildern verschiedener Modalitäten (Ultraschall, Magnetresonanztomographie, Computertomographie, ...) auch Informationen wie beispielsweise Biopsiewerte, Statistiken, genetische Veranlagung, Krankheitsverlauf, Fotos, Allergien oder Komorbiditäten. Werden mehrere Bilder mit unterschiedlichen Modalitäten aufgenommen, so können diese aufeinander registriert werden. Das bedeutet, dass der Computer die Vorteile ver-

schiedener bildgebender Verfahren vereint, in dem er aus den mehreren Bildern ein neues Bild erstellt. Die Herausforderung der Zukunft ist es, all diese Daten so zu visualisieren, dass möglichst mit einem Blick der Fall des Patienten ersichtlich wird.

7.4 NUTZUNGSVERHALTEN

„Echte Männer brauchen keine Bedienungsanleitung“ (Tim Taylor)

Ärzte und klinisches Personal sind gezwungen, eine Vielzahl technischer Systeme zu bedienen, welche über unterschiedliche Bedienkonzepte verfügen. Aufgrund der meist nicht intuitive Bedienung werden von leistungsfähigen Systemen häufig nur die Grundfunktionalitäten genutzt. In Zukunft werden sich medizinische Produkte stärker durch eine ausgereifte, intuitive Benutzerfreundlichkeit am Markt positionieren, als über die Anzahl komplexer, nicht ausblendbarer Zusatzfunktionalitäten.

Ein Operateur wird zukünftig EPA-Systemen im OP sehr vertrauen, bei Komplikationen während eines Eingriffs gemeinsam mit Kollegen direkt am Patienten die Akte diskutieren und bei der Weiterbildung von Chirurgen Hintergründe zu den Fällen während des Eingriffs präsentieren können. Mit einer vollständigen EPA lassen sich Eingriffe besser planen, sowie Planungsergebnisse komplexer Eingriffe automatisch während der Operation darstellen.

Angenommen, die Ausblicke in den Punkten Darstellung, Bedienung und Standardisierung gehen wie beschrieben in Erfüllung, würde dies zu einem im OP-Trakt allgegenwärtigen Expertensystem führen, welches über alle vom Patienten freigegebenen Daten verfügt. Zusätzlich besäße das System Kenntnis über den anstehenden Eingriff, den Operateur und den Ablauf der Op. Nachdem der Operateur den OP-Trakt betritt, könnte er sich in extrem kurzer Zeit ein ausführliches Bild über den Patienten machen und Details bei Bedarf während der Op. – mit oder ohne Assistenten - genauer vertiefen. Erkennt das System einzelne Phasen des Eingriffs, ist die automatische Darstellung der jeweils benötigten Information möglich. Dadurch ließen sich kürzere Wechselzeiten realisieren, was nebenbei auch zu einer höheren Effizienz führt [87]. Die erreichte Flexibilität kann besonders bei kurzfristigen Änderungen des OP-Plans (z. B. durch Notfälle) von Vorteil sein. Das Aktenstudium würde in diesem Szenario der Vergangenheit angehören, was angesichts der zu erwartenden Datenflut an Patientinformationen wahrscheinlich als Erleichterung wahrgenommen werden würde. Der persönliche Kontakt zwischen Chirurg und Patient sollte jedoch niemals zugunsten der Technik vernachlässigt werden.

Bis tatsächlich auf alle verfügbaren Patientendaten zugegriffen werden kann, Darstellung und Bedienung perfekt auf die Bedürfnisse unterschiedlicher chirurgischer Disziplinen optimiert sind und Ärzte den Expertensystemen blind vertrauen können, ist es noch ein sehr weiter Weg.

8 ZUSAMMENFASSUNG DER ARBEIT

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. rer. med.

Einsatz der elektronischen Patientenakte im Operationssaal am Beispiel der HNO-Chirurgie

eingereicht von:

Dipl.-Ing. Christian Dressler

angefertigt am:

Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS)

Universität Leipzig

Betreuer:

Prof. Dr. med. habil. Strauß

Juli 2012

Ziel der Arbeit war es, erstmalig die Auswirkungen einer intraoperativ verfügbaren, vollständigen Patientenakte zu untersuchen. Dies geschah im Rahmen zweier Pilotstudien am Beispiel der HNO-Chirurgie.

Eine konventionelle Krankenakte umfasst alle Daten, die im Zusammenhang mit der medizinischen Versorgung eines Patienten an einer Einrichtung erstellt werden. Teilweise tritt die Akte getrennt auf, beispielsweise werden Röntgenbilder eingetütet oder es wird in ambulante und stationäre Akte, bzw. chirurgische und anästhesiologische Akte getrennt. Durch die Einführung einer elektronischen Patientenakte (EPA) kann auf diese Daten von mehreren Orten gleichzeitig zugegriffen werden, Untersuchungsergebnisse benötigen keine Lieferzeit mehr, die jeweiligen Betrachter können unterschiedliche Zugriffsrechte erhalten, die Zusammenfassung der Daten kann automatisch nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen und die Software kann durch organisatorische Hinweise den Nutzer unterstützen, sowie durch die Analyse komplexer Daten dem Arzt eine Entscheidungshilfe anbieten. Zudem kann eine elektronische Patientenakte praktisch nicht verloren gehen. Aufgrund dieser Vorteile überrascht es nicht, dass 2009 bereits 17,3 % an einer Umfrage teilgenommener Krankenhäuser angaben, eine voll funktionierende EPA einzusetzen. Fast 40 % haben laut der Umfrage damit begon-

nen, eine EPA zu implementieren. Diese Arbeit untersucht die Chancen und Risiken des Einsatzes von EPA-Systemen speziell im Operationssaal (OP). Es wurden vier Themengebiete identifiziert, die ausschlaggebend für eine praktikable Nutzung solcher Systeme im OP sind:

- Sterile **Bedienmöglichkeiten**
- OP-optimierte **Darstellung**
- Tatsächliche **Nutzung** durch den Operateur
- **Standardisierung** von Akte und Kommunikationsschnittstellen

EPA-Systeme für Klinik-Terminals unterscheiden sich von solchen für den OP besonders hinsichtlich ihrer hygienischen und ergonomischen Anforderungen. Dies erfordert ein steriles Bedienkonzept, sowie eine optimierte Darstellung der Patientendaten. Um die Akzeptanz eines solchen Systems bewerten zu können ist die Analyse des Nutzungsverhaltens des Operateurs notwendig. Für die Maschinenlesbarkeit der Dokumente, den Hersteller-unabhängigen Zugang zu den verfügbaren Patientendaten, sowie für die Protokollierung des OP-Verlaufs sind standardisierte Schnittstellen notwendig.

Zur Motivation wurde zu Beginn eine Umfrage unter 25 HNO-Chirurgen durchgeführt, von denen 80% eine elektronische Akte im Operationssaal begrüßten und angaben, diese auch selbst bedienen zu wollen. Daraufhin wurde ein Prototyp des kommerziellen Produkts „MI-Report“ evaluiert. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde zur Untersuchung einer kontextsensitiven Darstellung von Dokumenten aus der Patientenakte die Anwendung „Doc-O-R“ entwickelt. Beide Studien wurden in einer ambulanten HNO-Klinik durchgeführt, welche bereits eine elektronische Patientenakte eingeführt hatte. Anhand der beiden durchgeführten Studien wurden die Anforderungen an die OP-gerechte Darstellung und an die Standardisierung von medizinischen Dokumenten formuliert.

Das Gerät „MI-Report“ ermöglicht die sterile Bedienung per Gestenerkennung und stellt die gewünschten Dokumente auf einem großen, zentral im Operationssaal positionierten Bildschirm dar. Nach der Aktivierung durch eine spezielle Geste kann durch das Bewegen des Zeigefingers ein großer Mauszeiger auf dem System intuitiv gesteuert werden. Ein Protokollant beobachtete den Chirurgen während eines Eingriffes und stellte nach einem Blick des Chirurgen auf den Bildschirm Fragen nach dem betrachteten Dokument und nach dem Grund für das Nachsehen. Auch die Phase des Eingriffes wurde verzeichnet. Es wurde während 51 Operationen das Nutzungsverhalten des Operateurs protokolliert. Durchschnittlich wurde 1,2-mal pro Operation patientenspezifische Information vom Bildschirm abgelesen, bei 20 % der Operationen wurde auf eine Nutzung verzichtet. In 86% der Fälle wurde das System genutzt, um eine Bestätigung für das weitere Vorgehen zu erhalten oder um eine therapeutische Entscheidung zu fällen. Die erfolgreiche Aktivierung des Systems durch eine spezielle Geste mit der Hand benötigte im Durchschnitt 12,5 s. In 31% der Fälle wurde nach durchschnittlich 22,7 s der Aktivierungsversuch abgebrochen. Beide Systeme konnten auch ohne explizite Aktivierung genutzt werden, wenn die gewünschten Dokumente bereits auf dem Bildschirm zu sehen waren.

Die Bedienung vom „Doc-O-R“ wurde mit einem Fußschalter realisiert, die Anzeige fand im Anschluss der ersten Studie auf demselben großflächigen, zentral positionierten Bildschirm im Operationssaal statt. Die Darstellung war so gewählt, dass zwei Dokumente sehr groß angezeigt werden konnten. Diese beiden Dokumente wurden durch einen Algorithmus in Abhängigkeit des Eingriffes ausgewählt. Dazu benötigte der Algorithmus Kenntnis über die Inhalte aller Dokumente einer Akte. Diese Metadaten wurden vorab für jedes Dokument manuell in eine Datenbank eingegeben. Es wurden 55 Eingriffe protokolliert. Die Nutzungshäufigkeit betrug durchschnittlich 1,5 Nutzungen pro Operation.

Das System wurde in 58 % der Fälle präoperativ genutzt. In mehr als der Hälfte der Fälle musste der Operateur das System gar nicht bedienen, da das gewünschte Dokument durch die automatische Vorauswahl bereits angezeigt wurde.

Die Studien weisen einige Schwächen auf. Es wurden lediglich zwei Chirurgen bei nur ungefähr 100 Eingriffen geringer Komplexität, welche auf die HNO-Chirurgie beschränkt blieben, in der Studie berücksichtigt. Auch konnte die automatische Dokumentenauswahl der zweiten Studie nicht mit dem Nutzungsverhalten der ersten Studie verglichen werden, da bei ersterer die Dokumente manuell und nicht rein zufällig ausgewählt wurden.

Insgesamt wurden bei den 106 Eingriffen durchschnittlich 1,7-mal pro Eingriff ein EPA-System genutzt, dadurch kann behauptet werden, dass die Systeme von den Chirurgen angenommen wurden. Ohne solch ein System ist davon auszugehen, dass die Patientenakte während eines Eingriffs seltener genutzt worden wäre. Dadurch erhöht sich die Patientensicherheit. Da das Nachsehen von Patientendaten mit Hilfe eines EPA-Systems schneller als das erneute Umziehen nach Nutzung einer konventionellen Patientenakte ist, kann von einer Zeitersparnis und somit von einer kürzeren Narkotisierung des Patienten ausgegangen werden. In mehr als der Hälfte aller Fälle wurden die Systeme präoperativ genutzt, also bevor der Schnitt am Patienten erfolgte. Der Blick in die Akte vor einem Eingriff kann bewusst in den Operationsaal verlegt werden, um Zeiträume, in denen der Operateur nicht operieren kann, auszunutzen. Beispiele dafür sind das Trocknen der Hände bei der Desinfektion oder das Ankleiden. Sehr positiv aufgenommen wurde, dass beim Betreten des Saals automatisch die Daten des aktuellen Patienten sichtbar waren und nicht manuell aufgerufen und am Terminal betrachten werden mussten.

Wenn eine Klinik bereits auf eine elektronische Patientenakte umgestellt hat, bzw. alle Papierdokumente auch digital vorliegen, bietet sich eine für den Operationsaal optimierte Darstellung unbedingt an. Dadurch kann die Flexibilität erhöht werden, beispielsweise wenn Notfälle spontan in den OP-Plan eingeschoben werden. Bei der Weiterbildung von Chirurgen besteht die Möglichkeit, zur Erläuterung bestimmter Vorgehensweisen entsprechende Dokumente der Akte während eines Eingriffs auf den Bildschirm zu rufen und zu diskutieren.

Sowohl eine Bedienung mit Gestenerkennung als auch mit Fußschalter ist praktikabel. Die Steuerung darf jedoch keinen erhöhten Konzentrationsaufwand erfordern. Auch wenn sich dem Operateur die Möglichkeit bietet, durch sterile Bedienmethoden Zugang zu den Patientendaten zu erhalten, kann er dabei in seinem Arbeitsfluss behindert werden. Folgende Aufzählung zeigt die Schwere der Arbeitsflussunterbrechung in aufsteigender Reihenfolge:

- Blick vom Patienten nehmen
- Hände aus dem Situs nehmen
- Instrumente aus der Hand geben
- Komplexe Handlungen ausführen

Bei der Bedienung wird sich eine Kombination aus sterilisierbarem Touchscreen, Fußschalter und Gestenerkennung durchsetzen. Die Bediensysteme werden abhängig von den Vorlieben der Chirurgen variieren. Weitere mögliche Methoden sind im Kittel integrierte Sensoren, Spracherkennung durch Videokamera oder Bildschirmwahl durch Blickverfolgung.

Neben der standardisierten Schnittstelle ist auch die standardisierte Beschreibung der Inhalte eines Dokuments von großer Bedeutung. Schon mit dem Wissen über den Zeitpunkt der Dokumenterstellung

lung, sowie über die Art des Dokuments ist eine gute automatische Vorauswahl der Dokumente möglich. Abschließend haben sich folgende Metadaten für Dokumente als ausreichend erwiesen (Relevanz der Information in absteigender Reihenfolge):

- Demographische Daten (Name, Geburtsdatum)
- Zeitpunkt der Erstellung des Dokuments
- Dokumenttyp (Audiogramm, CT-Bild, etc.)
- Warnungen / Allergien
- Seite (rechts, links)
- Ansicht (koronal, sagittal, axial)
- Region

Sollen genau die identifizierten Metadaten zukünftig im Operationssaal genutzt werden, sollte man auf vorhandene Standards zurückgreifen. In welcher Form das geschehen sollte, muss noch in entsprechenden Gremien festgelegt werden.

Aufgrund der geringen Verbreitung medizinischer Kommunikationsstandards ist eine vollautomatische Anbindung solcher EPA-Systeme an die Klinik-IT mittelfristig nicht ohne Aufwand möglich. Die Anforderungen an Standards für Schnittstellen und Dokumente im Operationssaal sollten in der in Entstehung befindlichen IHE-Domäne „Surgery“ genau festgelegt werden. Um Dokumente automatisch in ein standardisiertes Format zu überführen, können verstärkt Anwendung zur Texterkennung eingesetzt werden, welche aus den Inhalten eines Dokuments entsprechende SNOMED- und ICD-Schlüssel generieren. Die Zukunft wird zeigen, in welchem Maße sich besonders Patientenmoderierte Akten durchsetzen und ob diese staatlich (eGA) oder von kommerziellen Anbietern (Microsoft HealthVault) bereitgestellt werden. Google zumindest hat seine Patientenakte „Google Health“ zum Jahresende 2011 wieder eingestellt.

Die Einführung einer elektronischen Patientenakte alleine bedeutet nicht automatisch, dass dadurch Zeit gespart wird und Abläufe verbessert werden. Kleine Bildschirme, ungünstig positionierte Terminals, anstrengende Bedienung, schlecht platzierte Tastaturen, automatisches Ausloggen, unvollständige Datentransfers und weitere mögliche Faktoren lassen in manchen Fällen die herkömmliche Papierakte wieder herbeisehnen.

Systeme, wie sie hier beschrieben werden, müssen sich nicht auf die Darstellung der Patientenakte beschränken. Denkbar sind weitere Funktionalitäten wie die Anzeige aus einem anatomischen Atlas, von Livevideos oder der Hämodynamik. Eine sterile Steuerung wiederum kann theoretisch auch auf ganz andere Geräte im Operationssaal angewendet werden. Ein Beispiel wäre das Regulieren von Lichtquellen oder der Drehzahl der Fräse durch den Chirurgen.

Aufgrund der immer komplexer werdenden Geräte der Medizintechnik und neuartigen Untersuchungsmethoden, welche immer größere Datenmengen produzieren, wird der flächendeckende Einsatz elektronischer Patientenakten in der Zukunft zwingend erforderlich sein. Durch den Kostendruck, welcher effiziente Arbeitsabläufe besonders im OP verlangt, werden Gebrauchstauglichkeit und Datenintegration als Unterscheidungsmerkmal medizinischer Produkte zunehmend an Bedeutung gewinnen.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. Ergebnis der Umfrage (n=25) unter HNO-Chirurgen über den Einsatz einer intraoperativ zugänglichen Patientenakten, welche vom Operateur selbst bedient werden kann.....	14
Abbildung 2. Auszüge aus dem IT-Report Gesundheitswesen [15] über die Verbreitung der EPA im Jahr 2009 [n≈100].....	17
Abbildung 3. Schematischer Aufbau eines EPA-Systems.....	20
Abbildung 4. Abgedecktes Operationsmikroskop. Die Folie enthält für das Objektiv eine spezielle Kunststoffscheibe.....	21
Abbildung 5. Zwei Beispiele für die Realisierung von komplexen Fußschaltern [Copyright steute Schaltgeräte GmbH & Co. KG, Produkt MFS-MED GP13, rechts: Bili, Bellingham, USA, Produkt „Foot mouse“].....	22
Abbildung 6. Steuerung des Mauszeigers mit dem Zeigefinger. Der Operateur muss den Blick vom Patienten nehmen.....	23
Abbildung 7. Navigation durch radiologische Bilder im OP mit dem Gestix-System, rechts: Auswahl der von Gestix unterstütztem Gesten [Copyright University of Washington / Ben Gurion University].....	24
Abbildung 8. Bei dem Produkt „Freehand“ wird der Infrarotsender am Kopf des Operateurs befestigt (links). Der fest stehende Empfänger kann dadurch die Bewegungen detektieren und anzeigen (rechts)[Copyright Freehand 2010 Ltd].....	25
Abbildung 9. Das Sensorarmband ortet mit Mikrofonen die Position, an der die Haut berührt wird. Die Tasten werden über einen am Körper befestigten Projektor abgebildet [39].....	26
Abbildung 10. Das Epoc-Headset von Emotiv zur preisgünstigen Ableitung von EEGs [Copyright Emotiv, USA].....	26
Abbildung 11. Screenshot aus dem Video zur Demonstration der AR-Software "Magic Mirror". Am Bildschirm ist das Spiegelbild des Probanden zu sehen, im Brustbereich wird als Beispiel ein Ausschnitt des Skeletts angezeigt. Dieser Ausschnitt folgt den Bewegungen des Probanden.....	28
Abbildung 12. Bildschirmfoto der IBM-Software von der Cebit 2008 [51].....	28
Abbildung 13. Bildschirmfoto der Google-Anwendung "Bodybrowser" [http://bodybrowser.googlelabs.com/].....	29
Abbildung 14. Screenshot der „TimeLine“-Anwendung [Copyright UCLA, USA].....	30
Abbildung 15. Ein fiktives Beispiel der intraoperativen Live-Darstellung von Patientendaten wie sie in [58]auf einem großen Bildschirm im Operationssaal angezeigt wird. Oben befinden sich zwei Videostreams der Anästhesiegeräte, darunter links ein EMG, in der Mitte das Endoskopvideo und rechts die Durchleuchtung mit dem C-Bogen. Ganz unten finden sich die Betriebsdaten eines chirurgischen Lasers. [Copyright J. Documet, University of Southern California].....	31
Abbildung 16. Bildschirmfoto des "OR-Dashboard" von LiveData [http://www.livedata.com/images/stories/dashmed_photo.jpg].....	32
Abbildung 17. Das Produkt „Digital Light Box“ zur Navigation in radiologischen Bilddaten (Copyright Brainlab).....	32
Abbildung 18. Beispielhafte Darstellung unterschiedlicher Informationssysteme und Geräte, welche für die EPA relevante Daten bereitstellen.....	35
Abbildung 19. Übersicht über Arbeitsabläufe am Patienten (linke Seite) und im OP (rechte Seite)	43
Abbildung 20. Schemenhafter Aufbau des Operationstraktes und Weg des Chirurgen zum Patienten.....	44
Abbildung 21. Beispiel für den Screenshot aus dem lokalen KIS, der sogenannten „KIS-Übersicht“	45

Abbildung 22. Diagramm einer audiometrischen Untersuchung (Tonaudiometrie).....	45
Abbildung 23. Charakteristische Impedanzkurven einer Tympanometrie.....	47
Abbildung 24. Beispiel für ein kleines Blutbild.....	47
Abbildung 25. Beispiel für einen OP-Bericht, zu sehen ist hier lediglich die erste Seite. Eine Besonderheit bei diesem Beispiel ist das Einbinden von Bildern in den Bericht.....	49
Abbildung 26. Diagramm einer Rhinomanometrie.....	50
Abbildung 27. CT-Schichtbild von vorne (koronal).....	51
Abbildung 28. Links: Bild aus einer Untersuchung mit einem Endoskop in der Luftröhre. Rechts: Mikroskop-Bild einer Operation am Ohr.....	52
Abbildung 29. Beispiel eines radiologischen Gutachtens.....	53
Abbildung 30. Beispiel für ein Anamnese-Formular.....	54
Abbildung 31. Beispiel einer Überweisung, die Diagnose ist zusätzlich mit ICD verschlüsselt.....	55
Abbildung 32. Anbringung der zwei Hauptkomponenten des "MI-Reports" in einem Operationssaal im IRDC.....	58
Abbildung 33. Bildschirmfoto der MI-Report Oberfläche während einer Operation (hier: Laryngoskopie).....	59
Abbildung 34. Bildschirmfoto der eigens für die Studie konfigurierten Aktionen im Swan-Workflow Editor.....	60
Abbildung 35. Entwickelte mobile Anwendung zum Protokollieren von Art, Zeitpunkt und Dauer der Interaktionen.....	61
Abbildung 36. Entwickleransicht des Bildes der beiden Infrarot Stereokameras. Eingebledet sind die erkannten Bereiche der Hand.....	62
Abbildung 37. Zusätzliches Pedal zur Steuerung des EPA-Systems.....	63
Abbildung 38. Eingabemaske der Metadaten eines Dokuments in MS Access 2007.....	64
Abbildung 39. Der festinstallierte Bildschirm relativ zu Schwester (links), Assistent (Mitte) und Operateur (rechts).....	66
Abbildung 40. Bildschirmfoto des EPA-Systems zur Erläuterung der Begrifflichkeiten „Dock“, „Rotationsleiste“ und „Zeitleiste“.....	66
Abbildung 41. Beispielhafte XML-Datei zur Konfiguration des Auswahl-Algorithmus.....	68
Abbildung 42. Anzahl der Nutzungen pro Eingriff unter Berücksichtigung aller 106 Eingriffe mit insgesamt 147 Nutzungen. Bei 17 Eingriffen wurde kein System genutzt.....	69
Abbildung 43. Verteilung der Aktivierungsdauer der insgesamt 24 erfolgreichen Aktivierungen mit eingebledeter Trendlinie.....	72
Abbildung 44. Verteilung der Häufigkeit, wie oft pro Operation der "MI-Report" genutzt wurde. Die Operationen wurden zu „Nase“, „Ohr“ und „Hals“ zusammengefasst.....	73
Abbildung 45. Übersicht über die Anzahl und Art der genutzten Dokumente, basierend auf Tabelle 13.....	74
Abbildung 46. Häufigkeitsverteilung der Dokumente, die pro Eingriff verfügbar waren (durchschnittlich 7,9 Dokumente pro Eingriff).....	75
Abbildung 47. Häufigkeit der Bedientiefe (Anzahl Tritte) pro Nutzung, unter Berücksichtigung der genutzten Dokumente. Bei 84 Nutzungen musste 57 mal nicht mit dem System interagiert werden, da der Algorithmus die gewünschten Dokumente bereits präsentiert hatte.....	76
Abbildung 48. Verhältnis der genutzten Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs.....	77
Abbildung 49. Nutzung aufgeteilt in präoperative und intraoperativen Zugriff. Diese wiederum aufgeteilt in Art des Eingriffs und betrachtete Dokumente.....	78
Abbildung 50. Relative Nutzung von Dokumenten in beiden Studien unter Auslassen der "KIS-Übersicht".....	82

Abbildung 51. Schematische Darstellung der Anatomie des Halses 119
Abbildung 52. Schematische Darstellung von Außen-, Mittel-, und Innenohr 120
Abbildung 53. Unterscheidung der Begriffe „Luftleitung“ und „Knochenleitung“ 120
Abbildung 54. Schematische Darstellung einer Beispielklinik zur Demonstration der örtlichen
Begebenheiten 123

10 QUELLENANGABEN

1. Levine WC, Meyer M, Brzezinski P, Robbins J, Sandberg WS. Computer automated total peri-operative situational awareness and safety systems. In: International Congress Series. 2005 p. 856–861.
2. LiveData - LiveData OR-Dashboard™ [Internet]. URL: <http://www.livedata.com/content/view/32/40/>
3. Dressler CR, Neumuth T, Fischer M, Omar A, Strauss G. Intraoperative Bedienung einer elektronischen Patientenakte durch den Operateur - Einsatzbeurteilung des MI-Reports in der HNO-Chirurgie. HNO 2011;
4. KARL STORZ MI-Report [Internet]. [zitiert 22. Feb 2012] URL: <http://www.mi-report.com>
5. Wachs JP, Stern HI, Edan Y, Gillam M, Handler J, Feied C, Smith M. A gesture-based tool for sterile browsing of radiology images. Journal of the American Medical Informatics Association 2008;15[3]:321.
6. Bui AA., Aberle DR, Kangaroo H. TimeLine: visualizing integrated patient records. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on 2007;11[4]:462–473.
7. Bardram JE, Norskov N. A context-aware patient safety system for the operating room. In: Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing. 2008 p. 272–281.
8. OP-Lösungen: Olympus und Nexus vereinbaren Partnerschaft | Management-Krankenhaus.de [Internet]. [zitiert 14. Apr 2011] URL: <http://www.management-krankenhaus.de/news/op-loesungen-olympus-und-nexus-vereinbaren-partnerschaft>
9. Digital Light Box [Internet]. [zitiert 15. Juni 2011] URL: <http://www.brainlab.com/art/2841/4/surgical-pacs-access/>
10. Jolesz FA. Image-guided procedures and the operating room of the future. Radiology 1997;204[3]:601–612.
11. Cleary K, Kinsella A, Mun SK. OR 2020 workshop report: operating room of the future. In: International Congress Series. 2005 p. 832–838.
12. National Center for Image-Guided Therapy [Internet]. [zitiert 19. Feb 2012] URL: <http://www.ncigt.org/>
13. CIMIT Operating Room Of The Future [Internet]. [zitiert 25. Mai 2011] URL: <http://www.cimit.org/programs-operatingroom.html>
14. Lemke HU, Berliner L. DOR Maturity Levels (2005 - 2025 and beyond): Evolutionary growth path. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2011;6[1]:144 - 145.

15. Hübner U, Sellemann B, Frey A. IT-Report Gesundheitswesen -Schwerpunkt Integrierte Versorgung. Hannover: Schriftenreihe des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Hannover; 2010 .
16. Leiner F. Medizinische Dokumentation: Grundlagen einer qualitätsgesicherten integrierten Krankenversorgung. Lehrbuch und Leitfaden. Schattauer Verlag; 2006 .
17. Safran C, Bloomrosen M, Hammond WE, Labkoff S, Markel-Fox S, Tang PC, Detmer DE. Toward a national framework for the secondary use of health data: an American Medical Informatics Association white paper. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2007;14[1]:1.
18. Haas P. Medizinische Informationssysteme und Elektronische Krankenakten. Springer; 2004 .
19. NAHIT Releases HIT Definitions [Internet]. [zitiert 3. Juni 2011] URL: <http://www.healthcare-informatics.com/news-item/nahit-releases-hit-definitions>
20. Lehmann TM. Handbuch der medizinischen Informatik. Hanser Verlag; 2004 .
21. Schöning J, Brandl P, Daiber F, Echtler F, Hilliges O, Hook J, Löchtfeld M, Motamedi N, Muller L, Olivier P. Multi-touch surfaces: A technical guide. Technical Reports of the Technical University of Munich 2008;
22. Welcome to Surface 2.0 [Internet]. [zitiert 15. Apr 2011] URL: <http://www.microsoft.com/surface/>
23. Sectra Visualization Table: Efficient collaboration in emergency care [Internet]. [zitiert 15. Apr 2011] URL: <http://www.sectra.com/medical/visualization/>
24. Crisan S, Tarnovan IG, Tebrean B, Crisan TE. Optical Multi-touch System for Patient Monitoring and Medical Data Analysis. In: International Conference on Advancements of Medicine and Health Care through Technology. 2009 p. 279–282.
25. Oddsdottir M, Birgisson G. AESOP: A Voice-Controlled Camera Holder. *Primer of robotic & telerobotic surgery* 2004;35–41.
26. Hilder S, Harvey R, Theobald BJ. Comparison of human and machine-based lip-reading. In: In the Proceedings of the International Conference on Auditory-Visual Speech Processing (AVSP). 2009 p. 86–89.
27. O’Hagan RG, Zelinsky A, Rougeaux S. Visual gesture interfaces for virtual environments. *Interacting with Computers* 2002;14[3]:231–250.
28. Graetzel C, Fong T, Grange S, Baur C. A non-contact mouse for surgeon-computer interaction. *Technology and Health Care* 2004;12[3]:245–257.
29. Wachs JP, Stern HI, Edan Y, Gillam M, Handler J, Feied C, Smith M. A hand gesture sterile tool for browsing MRI images in the OR. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2008;
30. De Paolis L, Pulimeno M, Aloisio G. An Advanced Modality of Visualization and Interaction with Virtual Models of the Human Body. *Digital Human Modeling* 2009;13–18.

31. Prosurgics FreeHand - Home [Internet]. [zitiert 30. Aug 2010] URL: <http://www.freehandsurgeon.com>
32. Ryu D, Um D, Tanofsky P, Ryu YS, Kang S. T-less: A novel touchless human-machine interface based on infrared proximity sensing. In: Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on. p. 5220–5225.
33. Penne J, Soutschek S, Stürmer M, Schaller C, Placht S, Kornhuber J, Hornegger J. Touchscreen ohne Touch - Berührunglose 3D Gesten-Interaktion für den Operationssaal. *i-com* 2009 Feb;8[1]:19-23.[zitiert 13. Apr 2011]
34. Kinect für Xbox 360 - Xbox.com [Internet]. [zitiert 4. Mai 2011] URL: <http://www.xbox.com>
35. Virtopsy [Internet]. [zitiert 26. Apr 2011] URL: <http://www.virtopsy.com/>
36. Saponas TS, Tan DS, Morris D, Balakrishnan R. Demonstrating the feasibility of using forearm electromyography for muscle-computer interfaces. In: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 2008 p. 515–524.
37. Tan D, Morris D, Saponas S, Balakrishnan R. Recognizing Gestures from Forearm EMG Signals. 2008 .
38. Zhang X, Chen X, Wang W, Yang J, Lantz V, Wang K. Hand gesture recognition and virtual game control based on 3D accelerometer and EMG sensors. In: Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces. 2009 p. 401–406.
39. Harrison C, Tan D, Morris D. Skinput: appropriating the body as an input surface. In: Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems. 2010 p. 453–462.
40. Emotiv - Brain Computer Interface Technology [Internet]. [zitiert 27. Apr 2011] URL: <http://www.emotiv.com>
41. Campbell A, Choudhury T, Hu S, Lu H, Mukerjee MK, Rabbi M, Raizada RD. NeuroPhone: brain-mobile phone interface using a wireless EEG headset. In: Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Networking, systems, and applications on mobile handhelds. 2010 p. 3–8.
42. Vilimek R, Zander T. BC (eye): Combining eye-gaze input with brain-computer interaction. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments* 2009;593–602.
43. Cheng J, Bannach D, Lukowicz P. On body capacitive sensing for a simple touchless user interface. In: *Medical Devices and Biosensors, 2008. ISSS-MDBS 2008. 5th International Summer School and Symposium on*. 2008 p. 113–116.
44. Williams JM, Haq I, Lee RY. Dynamic measurement of lumbar curvature using fibre-optic sensors. *Medical Engineering & Physics* 2010 Nov;32[9]:1043-1049.
45. Rui Yan, Keng Peng Tee, Yuanwei Chua, Huajin Tang. A gesture recognition system using Localist Attractor Networks for human-robot interaction. In: *2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*. IEEE; 2010 p. 1217-1222.

-
46. Liu D, Jenkins SA, Sanderson PM. Clinical implementation of a head-mounted display of patient vital signs. In: 2009 International Symposium on Wearable Computers. 2009 p. 47–54.
 47. Braun M, Leiner U, Ruschin D. Evaluating motion parallax and stereopsis as depth cues for autostereoscopic displays. San Francisco, California, USA: 2011 p. 786308-786308-12.
 48. Brar RS, Surman P, Sexton I, Hopf K. Multi-user glasses free 3D display using an optical array. In: 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010. 2010 p. 1-4.
 49. ProjectKinectMagicMirror [Internet]. [zitiert 26. Apr 2011] URL: <http://campar.in.tum.de/Chair/ProjectKinectMagicMirror>
 50. IBM Research Unveils 3D Avatar to Help Doctors Visualize Patient Records and Improve Care [Internet]. 2007 ;[zitiert 27. Apr 2011] URL: <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22375.wss>
 51. Screenshot IBM Avatar [Internet]. [zitiert 21. Feb 2012] URL: http://img.tomshardware.com/us/2008/02/29/cebit_2008/cebit_2008_preview__ibm_3d_avatar_s howcases.jpg
 52. Roque FS, Slaughter L, Alexandr T. A Comparison of Several Key Information Visualization Systems for Secondary Use of Electronic Health Record Content. In: Second Louhi Workshop on Text and Data Mining of Health Documents (Louhi-10). 2010 p. 76.
 53. Plaisant C, Milash B, Rose A, Widoff S, Shneiderman B. LifeLines: visualizing personal histories. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground. 1996 p. 221–227.
 54. Wang TD, Plaisant C, Quinn AJ, Stanchak R, Murphy S, Shneiderman B. Aligning temporal data by sentinel events: discovering patterns in electronic health records. In: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 2008 p. 457–466.
 55. Hallett C. Multi-modal presentation of medical histories. In: Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces. 2008 p. 80–89.
 56. Shahar Y, Goren-Bar D, Galperin M, Boaz D, Tahan G. KNAVE-II: A distributed architecture for interactive visualization and intelligent exploration of time-oriented clinical data. Proc. Artificial Intelligence in Medicine 2006;115–35.
 57. Kosara R, Miksch S. Metaphors of movement—a user interface for manipulating time-oriented, skeletal plans. Artificial Intelligence in Medicine 2001;22[2]:111–132.
 58. Documet J, Le A, Liu B, Chiu J, Huang HK. A multimedia electronic patient record (ePR) system for image-assisted minimally invasive spinal surgery. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2010;5[3]:195–209.
 59. OpenClinical: Interoperability [Internet]. [zitiert 21. Apr 2011] URL: <http://www.openclinical.org/interoperability.html>
 60. LOINC Downloads [Internet]. [zitiert 17. Aug 2009] URL: <http://loinc.org/downloads>
-

61. DIMDI - ICD-10 Internationale Klassifikation der Krankheiten [Internet]. [zitiert 19. Feb 2012] URL: <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/>
62. DIMDI - OPS - Operationen- und Prozedurenschlüssel [Internet]. [zitiert 19. Feb 2012] URL: <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/prozeduren/ops301/>
63. DIMDI - DRGs: Anwendungsbereich Vergütungssystem [Internet]. [zitiert 19. Feb 2012] URL: <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/drg/index.htm>
64. DICOM standard 2009 [Internet]. [zitiert 23. Feb 2012] URL: <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2009/>
65. ASTM E2369 - 05e1 Standard Specification for Continuity of Care Record (CCR) [Internet]. [zitiert 7. Juni 2011] URL: <http://www.astm.org/Standards/E2369.htm>
66. Health Level Seven International - Homepage [Internet]. [zitiert 23. Feb 2012] URL: <http://www.hl7.org/>
67. CDA Levels of Interoperability | HL7 Standards [Internet]. [zitiert 8. Juni 2011] URL: <http://www.hl7standards.com/blog/2011/06/02/cda-levels-of-interoperability/>
68. CCD Standard Gaining Traction, CCR Fading [Internet]. [zitiert 8. Juni 2011] URL: <http://chilmarkresearch.com/2010/02/17/ccd-standard-gaining-traction-ccr-fading/>
69. Yao J, Warren S. Applying the ISO/IEEE 11073 standards to wearable home health monitoring systems. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* 2005;19[6]:427-436.
70. KBV - IT in der Arztpraxis - Schnittstellen - Weitere Informationen zu xDT [Internet]. [zitiert 17. Aug 2009] URL: <http://www.kbv.de/ita/4274.html>
71. Gärtner A. Medizintechnik + IT: Mit Sicherheit wichtig. *E-Health-Com* 2011 ;[2 / 2011]:S.22 - 26.
72. IHE.net Home [Internet]. [zitiert 17. Aug 2009] URL: <http://www.ihe.net/>
73. Medical Device „Plug-and-Play“ Interoperability Program [Internet]. [zitiert 23. Feb 2012] URL: <http://www.mdnpn.org/>
74. Wartena F, Muskens J, Schmitt L. Continua: The Impact of a Personal Telehealth Ecosystem. In: *eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, 2009. eTELEMED'09. International Conference on. 2009 p. 13-18.*
75. BMBF: Schonendes Operieren mit innovativer Technik (SOMIT) [Internet]. [zitiert 17. Aug 2009] URL: <http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/984.php>
76. Ibach B, Kanert A, Radermacher K. Concept of a service-oriented integration architecture for the orthopaedic operating theatre. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* 2008;3[2008]:446-447.
77. TeKoMed [Internet]. [zitiert 15. Nov 2011] URL: <http://www.itm.uni-luebeck.de/projects/tekomed/>

78. HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society) [Internet]. [zitiert 20. Feb 2012] URL: <http://www.himss.org/>
79. IRDC Website [Internet]. [zitiert 15. Juni 2011] URL: <http://www.irdc-leipzig.de/>
80. Chojecki P, Leiner U. Berührungslose Gestik-Interaktion im Operationssaal Touchless Gesture-Interaction in the Operating Room. *i-com* 2009;8[1]:13-18.
81. Heinrich-Hertz-Institut - 3D Realtime API [Internet]. [zitiert 1. Feb 2011] URL: <http://www.hhi.fraunhofer.de/de/abteilungen-am-hhi/interaktive-medien-human-factors/uebersicht/3d-realtime-api/>
82. Neumuth T, Jannin P, Strauss G, Meixensberger J, Burgert O. Validation of Knowledge Acquisition for Surgical Process Models. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2009;16[1]:72-80.
83. Dressler CR, Fischer M, Burgert O, Strauss G. Entwicklung und Bewertung eines Systems zur intraoperativen Nutzung der elektronischen Patientenakte mit Vorauswahl der Dokumente in Abhängigkeit des Eingriffs. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2011;
84. Strauss G, Aries F, Abri O, Dietz A, Meixensberger J, Lüth T. Konzeption, Realisierung und Analyse einer neuartigen OP-Konzeption für die HNO-Chirurgie. *HNO* 2010;1-11.
85. Gill J, Chearman T, Carey M, Nijjer S, Cross F. Presenting patient data in the electronic care record: the role of timelines. *JRSM Short Rep* 1[4]
86. Dugas M, Thun S, Frankewitsch T, Heitmann KU. LOINC Codes for Hospital Information Systems Documents: A Case Study. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2009 Mai;16[3]:400-403.
87. Welk I, Bauer M. *OP-Management: praktisch und effizient*. Springer Berlin Heidelberg; 2006 .

Anhang A ANATOMISCHE UND PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Nachdem die vorliegende Arbeit am Beispiel der HNO-Chirurgie verfasst wurde, sollen im in diesem Kapitel die physiologischen und anatomischen Grundlagen von Hals, Nase und Ohr vorgestellt werden.

A.1 Hals

Durch den Hals verlaufen Speiseröhre und Luftröhre (Abbildung 51). Am Übergang vom Rachen (Pharynx) zur Luftröhre befindet sich der Kehlkopf (Larynx). Dieser ist maßgeblich an der Stimmbildung beteiligt, durch die Bewegung der Stimmlippen lassen sich so unterschiedliche Tonhöhen erzeugen. Im Bereich der Mundhöhle und des Rachens befinden sich die Mandeln (Tonsillen). Wucherungen können alle Mandeln betreffen. Bei der Rachenmandel werden sie Adenoide genannt und zumeist operativ entfernt.

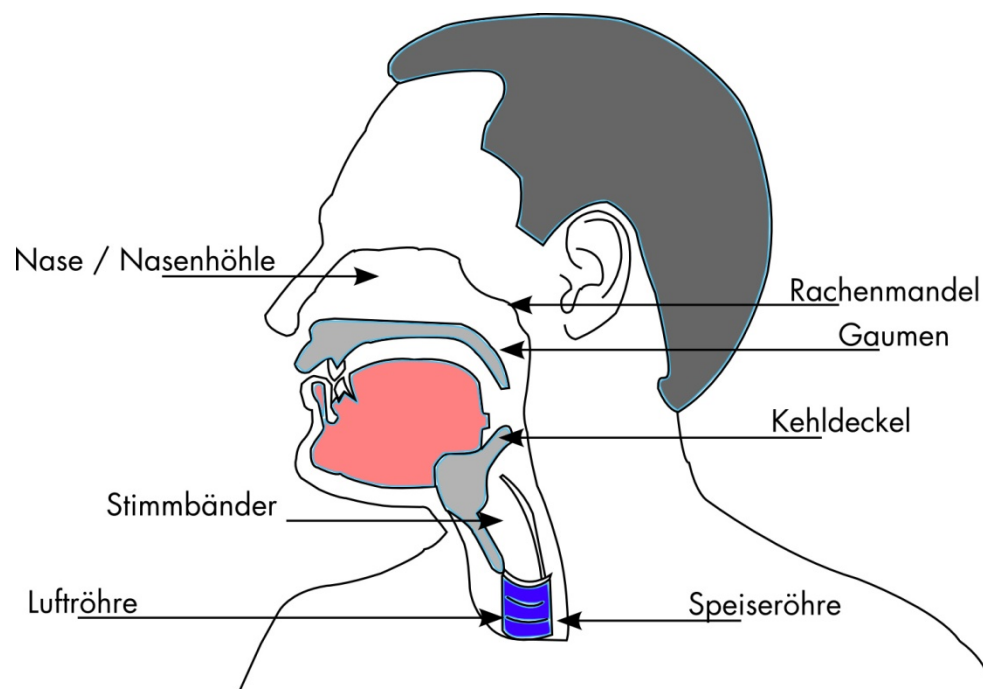


Abbildung 51. Schematische Darstellung der Anatomie des Halses

A.2 Nase

Die Nase erfüllt wichtige Funktionen im Rahmen der Atmung und der Geruchswahrnehmung. Die oberen Atemwege der Nase sorgen unter anderem für die Regulierung des Atemstroms, der groben Reinigung der Atemluft und für die Konditionierung von Feuchtigkeit und Temperatur der Atemluft. Bei der Stimmbildung dient die Nasenhöhle als Resonanzraum. Drei Nasenmuscheln bilden drei Nasengänge, der obere und der mittlere sind mit den Siebbein-, Stirn- und Kieferhöhlen verbunden. Durch die Nase werden die Nebenhöhlen pneumatisiert, eine Funktion für den Atemungsapparat ist nicht bekannt. Die Nase wird in der Mitte durch die Nasenscheidewand in zwei getrennte Abteilungen gegliedert.

A.3 Ohr

Das Ohr dient zu Wahrnehmung von Tönen. Dabei bringen die Schallwellen das Trommelfell in Schwingung (Abbildung 52). Durch Hammer und Amboss (Mittelohr) werden diese Schwingungen

verstärkt und über den Steigbügel an das ovale Fenster weitergegeben. Ab hier beginnt das Innenohr. Durch den Effekt der stehenden Welle werden die unterschiedlichen Frequenzen der Schwingungen unterschiedlich weit in der Cochlear (Schnecke) transportiert.

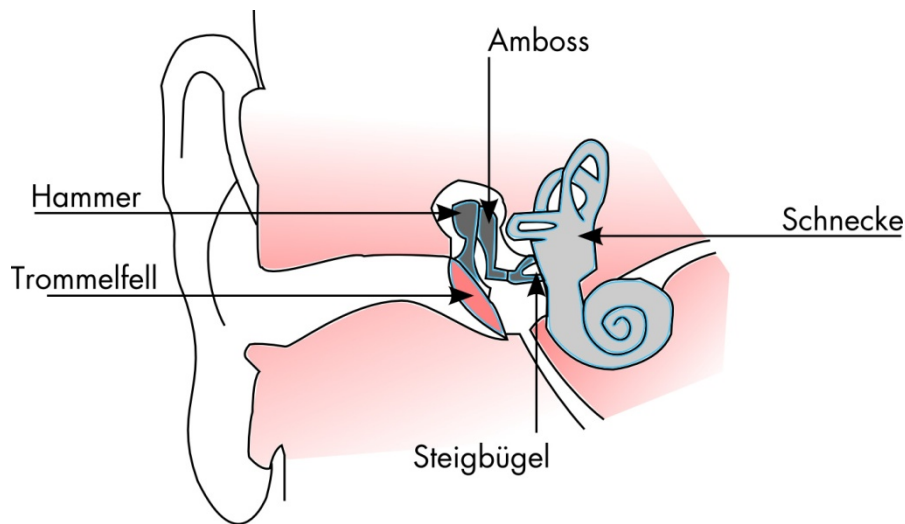


Abbildung 52. Schematische Darstellung von Außen-, Mittel-, und Innenohr

Bei der sogenannten Luftleitung handelt es sich um die Schallweiterleitung vom Trommelfell auf die Steigbügelfussplatte. Beim gesunden Ohr erfolgt dabei eine Verstärkung um etwa den Faktor 22, bedingt durch den Flächenunterschied zwischen Trommelfell und Steigbügelfussplatte und durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchenkette (Ossikelkette), welche aus Hammer und Amboss (Malleus und Incus) besteht.

Bei der Knochenleitung handelt es sich um die Reizweiterleitung von der Steigbügelfussplatte über eine Flüssigkeit (Perilymphe) zur Schnecke. Der Ort in der Schnecke (Cochlear), an dem die maximale Amplitude der erzeugten Wanderwelle auftritt, gibt im Hirn Auskunft über die wahrgenommene Frequenz (Abbildung 53).

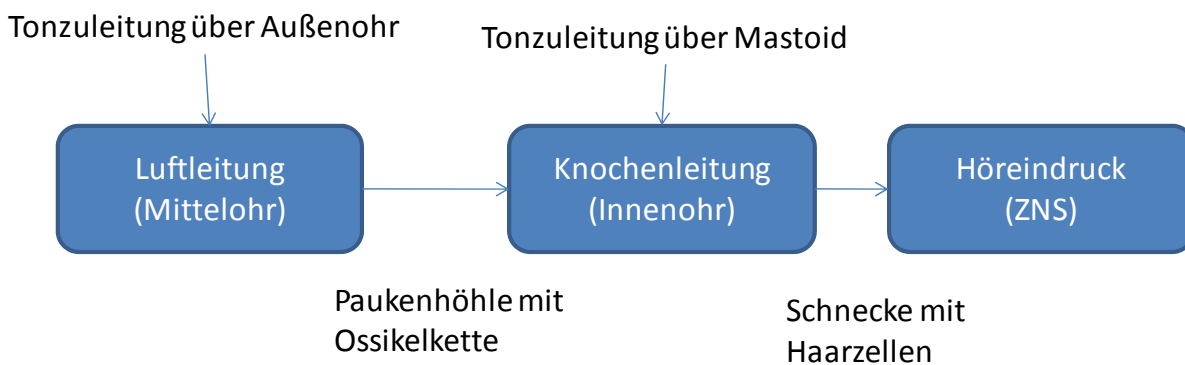


Abbildung 53. Unterscheidung der Begriffe „Luftleitung“ und „Knochenleitung“

Anhang B AMBULANTE EINGRIFFE IN DER HNO-CHIRURGIE

In der ambulanten HNO-Chirurgie existiert eine Reihe von Standardoperationen. Bei Eingriffen an der Nase wird entweder ästhetisch aufgewertet oder es werden im Inneren Raumforderungen entfernt oder Belüftungsöffnungen geschaffen. Dies geschieht meist endoskopisch. Beim Ohr werden häufig die für die Schalleitung wichtigen Elemente (Trommelfell, Hammer, Amboss, Steigbügel) von Verwachsungen befreit, bzw. rekonstruiert. Entzündungen am Knochen werden heraus gefräst. Im Halsbereich werden Karzinome behandelt, Drüsen oder Zysten entfernt.

Im Folgenden werden die in dieser Arbeit ausgewerteten Eingriffe beschrieben. Zusätzlich ist angegeben, welche Informationen aus der Patientenakte für den jeweiligen Eingriff von Bedeutung sein könnten.

FESS

(Engl.: Functional Endoscopic Sinus Surgery, Nasennebenhöhlenoperation)

Prozedur: Während mit der einen Hand das Endoskop geführt wird, entfernt der Chirurg unter Nutzung verschiedener Instrumente erkrankte Schleimhaut, Gewebe und Knochen aus Nase und Nebenhöhlen. Ziel ist die Herstellung einer gut belüfteten Nase. Voraussetzung dafür ist ausreichender Platz zur Belüftung von Haupt- und Nebenhöhlen.

Indikation: Bei chronischer Sinusitis (Dauerhafte Entzündung der Nasennebenhöhlen).

Nützliche Informationen: Anatomische Struktur Schädelbasis, Ort und Ausmaß der geschwollenen Schleimhäute und Ablagerungen, Ort der Lamina Papyraea (Knochengrenze zum Auge), Ort der Keilbeinhöhlenhinterwand, Lage des Sehnervs (N. opticus) und der A. carotis interna.

Septumplastik

Prozedur: Resektion schiefstehender Teile des Septum nasi (Nasenscheidewand). Knorpel und Knochen sind freizulegen, bei Bedarf wird das Septum herausgenommen, korrigiert und wieder an die Schleimhaut angenäht.

Indikation: Wenn das Septum den Luftfluss behindert (schief, Trauma). Asymmetrischer Luftstrom durch Einengung einer Nasenhaupthöhle.

Nützliche Informationen: Belüftung Nase und teilweise auch Ohr (Rhinomanometrie, Tympanogramm)

Tympanoplastik

Prozedur: Wiederherstellung der funktionalen Schleimhaut (Granulationen entfernen) und/oder der Gehörknöchelchenkette. Nach der Darstellung des Mittelohrs wird mit Hilfe des Mikroskops operiert. Ein Beispiel ist das Einfügen einer Prothese zur Wiederherstellung der Luftleitung.

Indikation: Chronische Mittelohrentzündung, bzw. chronische Trommelfellperforation.

Nützliche Informationen: Defekte in Knochen zum Hirn, Ausbreitung der Entzündung (Audiogramm, Tympanogramm, Gleichgewichtsprüfung, CT-Bild axial und koronal).

Risikostrukturen: N. facialis, rundes + ovales Fenster, Chorda Tympani (Geschmacksnerv)

Mikrolaryngoskopie

Prozedur: Entnahme von Gewebeproben aus der Schleimhaut des Kehlkopfs unter direkter Sicht mit dem Mikroskop.

Indikation: Raumforderung der Kehlkopfschleimhaut.

Nützliche Informationen: Die Kontrolle des Heilungsprozesses (Stimmstatus, Vorhistologie, Bilder von der Untersuchung, bzw. letzten Op.). Abschätzen der Infiltrationstiefe der Schleimhautveränderung (Stroboskopiebefund).

Exstirpation mediane Halszyste

Prozedur: Entfernung einer zystischen Raumforderung am Hals. Hautschnitt von außen, zur Seite drängen von umgebenden Subkutangewebe, darstellen der Zyste, absetzen der Zyste mit einem Anteil des Zungenbeines.

Indikation: Nachweis einer Raumforderung in der Halsmitte

Nützliche Informationen: Genaue Lage der Zyste (Ultraschallbild)

Adenoidektomie

Prozedur: Die vergrößerten Rachenmandeln werden über einen Zugang aus dem Mund ausgeschabt.

Indikation: Hörstörung aufgrund vergrößerter Rachenmandel, behinderte Nasenatmung / schlechte Belüftung der Tuba auditiva.

Nützliche Informationen: Grad der Nachblutungsgefahr (Blutgerinnungsstatus), Audiogramm, Tympanogramm.

Gehörgangsexostosenabtragung

Prozedur: Ziel ist das Entfernen einer Verknöcherung (Exostose) im Gehörgang. Diese Vorwölbung in den Gehörgang, kann dort zu wiederholten Entzündungen führen. Nach der Eröffnung des Gehörgangschlauchs mit Zurückschlagen des Hautlappens wird die knöcherne Vorwölbung abgefräst.

Indikation: Wiederholte Entzündung durch die Exostose oder Hörstörungen

Nützliche Informationen: Gefahr eines Lärmtraumas durch Fräsen abschätzen (Audiogramm), Ausbreitung und Folgeschäden der Exostose, Lage des N. Facialis und Chorda Tympani, welche beim Fräsen verletzt werden können (Tympanogramm, Vestibularisdiagnostik, CT koronal und axial).

Anhang C SCHEMATISCHER AUFBAU DES OPERATIONSTRAKTES

Anhand eines schematischen Beispiels soll die örtliche Beschaffenheit einer Klinik dargestellt werden. In Abbildung 54 wird gezeigt, dass zwischen der Lagerung der Papierakte im Stationsstützpunkt und dem Patientengespräch auf der Station eine weite Entfernung zurückzulegen ist. Zusätzlich muss man sich um den OP-Bereich betreten zu können umziehen. Die Symbole zeigen an, an welchen Stellen häufig Computerterminals vorzufinden sind. Im Operationssaal existiert für gewöhnlich pro Saal ein Rechner, um die Operation zu dokumentieren oder radiologische Bilder abzurufen. Im Arbeitsraum kann ungestört am OP-Bericht geschrieben werden, während die Anästhesisten, welche den Patienten ein- und ausschleusen in den Einleitungsräumen die Möglichkeit zum Datenabruf besitzen können.

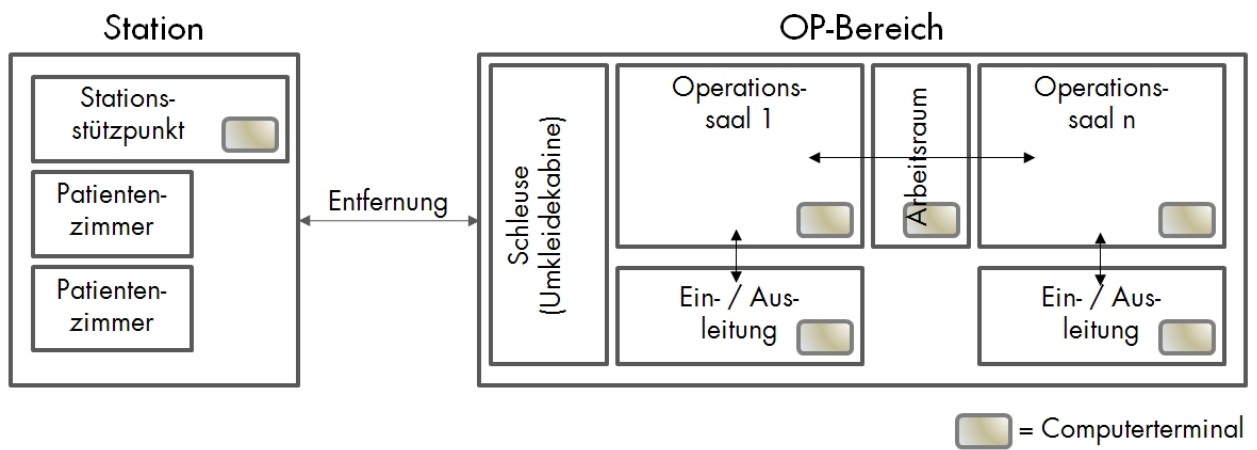


Abbildung 54. Schematische Darstellung einer Beispielklinik zur Demonstration der örtlichen Begebenheiten

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

.....

Datum Unterschrift

Lebenslauf

Festanstellungen

Seit 12 / 2011	Firma Siemens (Testmanager)
01 / 2009 – 11 / 2011	Universität Leipzig, ICCAS (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)
06 / 2006 – 01 / 2009:	Firma CAN in Automation (Technical Manager)
11/2005 – 05/2006:	Firma ertec GmbH (Entwicklungsingenieur)

Studium

Diplomarbeit:	Charakterisierung eines neuartigen Röntgendetektors, bei Siemens Med. RVB E
Studienarbeit:	R-Zacken Detektion mit Hilfe der Wavelet-Transformation zur Erkennung von Arrhythmien im Langzeit-EKG, am Institut für Biomedizinische Technik
2001 – 2005:	Elektro- und Informationstechnik an der Universität Karlsruhe (TH) mit Schwerpunkt biomedizinische Technik
1998 – 2001:	Elektrotechnik an der FAU Erlangen, Vordiplom

Wehrdienst

1997 – 1998:	GebPzPiLehrKp 280 in Ingolstadt
--------------	---------------------------------

Schulausbildung

1988 – 1997:	Gymnasium Herzogenaurach
1984 – 1988:	Grundschule Herzogenaurach

