

■ HABILITATIONSSCHRIFT

URS-VITO ALBRECHT

mHealth

— smart, evident, sicher?

Methodische Forschung
an und mit
Gesundheits-Apps

Die durch den Autor erstellten Inhalte und Werke auf diesen Seiten unterliegen dem Urheberrecht. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung des jeweiligen Autors bzw. Herausgebers. Downloads und Kopien sind nur für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch gestattet. Soweit die Inhalte auf dieser Seite nicht vom Autor erstellt wurden, werden die Urheberrechte Dritter beachtet. Insbesondere werden Inhalte Dritter als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis.

Das Angebot enthält Links zu externen Webseiten Dritter, auf die der Autor keinen Einfluss hat. Deshalb kann für diese fremden Inhalte auch keine Gewähr übernommen werden. Für die Inhalte der verlinkten Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Seiten verantwortlich. Die verlinkten Seiten wurden zum Zeitpunkt der Verlinkung auf mögliche Rechtsverstöße überprüft. Rechtswidrige Inhalte waren zum Zeitpunkt der Verlinkung nicht erkennbar. Eine permanente inhaltliche Kontrolle der verlinkten Seiten ist jedoch ohne konkrete Anhaltspunkte einer Rechtsverletzung nicht zumutbar. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden derartige Links umgehend entfernt.

Alle Produktnamen und Namen von Unternehmen sind Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Inhaber. Ihre Nutzung bedeutet keine Verbindung mit den genannten Unternehmen oder eine Unterstützung.

Lizenz: Die Arbeit wird unter der Creative Commons Lizenz vom Typ "Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz" über veröffentlicht.

Lizenztext: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

mHealth – smart, evident, sicher. Methodische Forschung an und mit Gesundheits-Apps. Kumulative Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legende für das Fachgebiet Medizinische Informatik. Albrecht UV, Medizinische Hochschule Hannover, 2016. doi: 10.26068/mhhrpm/20190211-000

Druck: Digitale Medien, Medizinische Hochschule Hannover
Satz: Ute von Jan und Urs-Vito Albrecht
Font: Open Sans, Apache License, Version 2.0
Titelgestaltung: ebb design
Grafik: Pixabay. <https://pixabay.com/de/handy-smartphone-app-netzwerke-426559/>
Version: V.01.1 - 20190214

Aus dem Zentrum Biometrie, Medizinische Informatik und Medizintechnik

Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der Technischen Universität Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover
(Direktor am Standort Hannover: Prof. Dr. med. Dr.-Ing. Michael Marscholke)
Medizinische Hochschule Hannover

mHealth – smart, evident, sicher? **Methodische Forschung an und mit Gesundheits-Apps**

Kumulative Habilitationsschrift
zur Erlangung der *Venia legendi*
für das Fachgebiet Medizinische Informatik

vorgelegt von

Dr. med. Urs-Vito Albrecht, MPH

Hannover, 28.08.2016

› *The history of technology is part and parcel of social history in general.
Technology cannot be studied in isolation.* ‹

– John Ellis

Olga und Leo gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1. Einleitung	1
1.1. Die sich in den Alltag einwebende Technologie	1
1.2. mHealth (mobile Health)	1
1.3. Apps und Gesundheits-Apps	2
1.4. Anwendungsfelder von Gesundheits-Apps	2
1.5. Funktionstypen von Gesundheits-Apps	2
1.6. Anwender von Gesundheits-Apps	3
1.7. Evidenzlage zu Gesundheits-Apps	4
Kapitel 2. Wissenschaftliche Originalpublikationen der kumulativen Habilitationsschrift	7
2.1. Nutzung und Erwartungen von mobiler Technologie im medizinischen Kontext	8
2.1.1. Einleitung	8
2.1.2. Problemstellung	8
2.1.3. Methode	8
2.1.3.1. Fragebögen	9
2.1.3.2. Auswertung	9
2.1.4. Ergebnisse	10
2.1.4.1. Patientinnen und Patienten	10
2.1.4.2. Klinisch tätige Ärztinnen und Ärzte	11
2.1.4.3. Ergebnisse im Vergleich	12
2.1.5. Folgerungen	13
2.2. Hygiene als Grundbedingung für den Einsatz im medizinischen Bereich	13
2.2.1. Einleitung	13
2.2.2. Problemstellung	14
2.2.3. Methodik	14
2.2.4. Ergebnisse	16
2.2.4.1. Erregerreduktion	16
2.2.4.2. Erregernachweis	16
2.2.5. Folgerungen	16
2.3. Überwindung von Sprachbarrieren im klinischen Setting	17
2.3.1. Einleitung	17
2.3.2. Problemstellung	17
2.3.3. Methode	18
2.3.3.1. App	18
2.3.3.2. Befragung mittels Fragebogen	18
2.3.3.3. Erfassung der Nutzererfahrung	19
2.3.4. Ergebnisse	19
2.3.5. Folgerungen	19
2.4. Smart Glasses zur Fotodokumentation in der Rechtsmedizin	20
2.4.1. Einleitung	20
2.4.2. Problemstellung	20
2.4.3. Methode	21
2.4.3.1. Technik	21
2.4.3.2. Untersuchungen im rechtsmedizinischen Setting	22
2.4.3.3. Subjektive Bewertung der Bildqualität	22
2.4.4. Ergebnisse	22
2.4.4.1. Bilddatenaufzeichnung	22
2.4.4.2. Bewertung der Bildqualität	23
2.4.4.3. Nutzererfahrung	23
2.4.5. Folgerungen	24

2.5.	Lernen mit mobiler Augmented Reality	24
2.5.1.	Einleitung	24
2.5.2.	Problemstellung	25
2.5.3.	Methode	25
2.5.3.1.	Teilnehmer	25
2.5.3.2.	Verwendete Lernmaterialien	25
2.5.3.3.	Ablauf	27
2.5.4.	Ergebnisse	28
2.5.4.1.	Lernerfolg: Multiple Choice-Test (T1a und T1b)	28
2.5.4.2.	Bewertung der Lernerfahrung: Attrakdiff2-Fragebogen (T2)	28
2.5.4.3.	Emotionaler Status: POMS (Profile of Mood States, T3a und T3b)	28
2.5.5.	Beobachtung der Lernphase (Observation)	29
2.5.5.1.	Gruppe A: „mARble“	29
2.5.5.2.	Gruppe B: Lehrbuch	29
2.5.6.	Folgerungen	29
Kapitel 3.	Diskussion: mHealth – smart, evident, sicher?	33
3.1.	mHealth – Bestandsaufnahme zu Nutzung und Risiken in der Klinik	33
3.2.	Smarte Anwendungsbereiche	36
3.2.1.	Wie kann eine Desinfektion von Tablet-PC wirksam und einfach aussehen?	36
3.2.2.	Sind Übersetzungs-Apps im medizinischen Alltag brauchbar?	37
3.2.3.	Eignen sich Smart Glasses zur Befundokumentation?	38
3.2.4.	Ist das Lernen mit mobiler Augmented Reality zielführend?	40
3.3.	Risiken	41
3.4.	Evidente Forschung an und mit Apps	42
3.4.1.	Chancen durch Apps in der Forschung	42
3.4.2.	Herausforderungen der App-basierten Forschung	42
3.4.3.	Standardisierung der App-basierten Forschung	43
3.4.4.	Methode	43
3.4.5.	Ethik	44
3.4.5.1.	Privatheit und Transparenz	45
3.4.5.2.	Autonomie und Kontrolle	45
3.4.5.3.	mHealth-Kodex	45
3.4.6.	Recht	45
3.4.6.1.	Regulation	46
3.4.6.2.	Haftung	47
3.4.6.3.	Datenschutz	47
3.5.	Sichere Entwicklung und Anwendung	48
3.5.1.	Qualitätssicherung im App-Lebenszyklus	48
3.5.2.	Produktbezogene Qualitätskriterien	49
3.5.3.	Transparenz	51
3.6.	Fazit	53
Kapitel 4.	Zusammenfassung und Ausblick	57
Anhang A.	Literatur	59
Anhang B.	Stichwortverzeichnis	73
Anhang C.	Originalarbeiten	79

Abbildungsverzeichnis

1. Hygiene – Ablauf-Schema der Evaluation für das klinische und nichtklinische Setting	15
2. Fluoreszenzlichtaufnahme und elektronenmikroskopische Aufnahmen	17
3. Screenshots der Kommunikations-App „xprompt“	18
4. Ergebnisse der System Usability Scale-Auswertung (SUS) zur Gebrauchstauglichkeit	20
5. Rechtsmediziner bei der Fotodokumentation einer Obduktion (Google Glass)	21
6. Google Glass-gestützte Dokumentation und zeitgleiche Präsentation	22
7. Vergleich von aufgezeichneten Bilddaten (Google Glass vs. Spiegelreflexkamera)	24
8. Die mobile Lernumgebung mARble mit dem Lernmodul „Rechtsmedizin“	26
9. Zeitlicher Ablauf der Evaluation von „mARble Rechtsmedizin“	27
10. Pragmatische und hedonische Qualitäten sowie Attraktivität von „mARble“	28
11. Evaluation der Lernerfahrung von „mARble“ vs. Lehrbuchmaterial	29

Tabellenverzeichnis

1. Einsatzmöglichkeiten von Apps	3
2. Übergeordnete Funktionstypen und Häufigkeiten stratifiziert nach mobilen Betriebssystemen	4
3. Ergebnisse der Bewertung der Bildqualität (Google Glass vs. Spiegelreflexkamera)	23
4. Dimensionen des mHealth Kodex	44
5. Qualitätskriterien für Software/Gesundheits-Apps	49
6. Anforderungen an Zertifizierer und Zertifizierung	52
7. Inhalte einer transparenten Auskunft	53

Abkürzungen und Formelzeichen

α	Signifikanzniveau (Fisher-Test)
μ	Mittelwert
σ	Standardabweichung
P	P-Wert, auch: Überschreitungswahrscheinlichkeit, Signifikanzwert (von engl. p-value, probability)
z	z-Wert (für Mann-Whitney U-Test und Wilcoxon-Test)
CHARISMHA	Projekt „Chancen und Risiken mobiler Gesundheits-Apps“ (Albrecht 2016a)
DIN	Deutsches Institut für Normung
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
MHH	Medizinische Hochschule Hannover
PAS	„Publicly Available Specifications“, öffentlich verfügbare Standards der „British Standards Institution“ (BSI)
PLRI	Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der TU Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover
WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. World Health Organization)

Einleitung

Die vorliegende kumulative Habilitationsschrift widmet sich Untersuchungen in Bereichen des neuen Themenfeldes der mobilen Gesundheit (mHealth). Im Fokus steht die Forschung an und unter Zuhilfenahme von Gesundheits-Apps.

Zunächst werden im 1. Kapitel kurz die Grundlagen zum Verständnis von mHealth erläutert, indem ein Überblick über die Technologie, ihre Anwendungsbereiche, Nutzer und Hersteller gegeben wird. Im 2. Kapitel werden eigene ausgewählte Arbeiten zum Einsatz im klinischen Setting und den Anwendungsfeldern Hygiene, Lehre, Kommunikation und Dokumentation methodisch dargestellt. Im 3. Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeiten im Kontext der Forschung an und mit Gesundheits-Apps unter technischen, medizinischen, ethischen und rechtlichen Aspekten diskutiert. Im 4. Kapitel folgt eine Zusammenfassung und Ausblick der weiteren Forschungstätigkeit.

1.1. Die sich in den Alltag einwebende Technologie

Vor 25 Jahren postulierte Mark Weiser in seinem Aufsatz „The Computer for the 21st Century“, dass besonders Technologien, die sich unaufdringlich und nahezu unsichtbar in unser Alltagsleben einfügen, das größte Potenzial haben uns zu beeinflussen (Weiser 1999). Smartphones, Armbandcomputer und Datenbrillen sind heute verfügbare Technologien, die zunehmend dieses Paradigma erfüllen helfen. Die Miniaturisierung der Geräte bei gleichzeitiger Leistungssteigerung fördert die Erschließung immer neuer Anwendungsfelder. Es ist eine „Enttechnisierung von hochtechnischen Geräten“¹ mit menschnäheren Bedienungskonzepten zu beobachten. Systemeingaben erfolgen statt über externe Tastaturen und Computermäuse nun ohne Umwege, direkt über Gesten oder Sprache, die Programmsteuerung ist intuitiv, die Installation und Deinstallation ist unkompliziert. Diese Elemente tragen zur Steigerung der Akzeptanz und der Nutzungsfreude in der Bevölkerung bei. Es handelt sich um eine menschenfreundlich simplifizierte Hochleistungstechnologie, die in Alltagsgegenstände eingebaut oder selbst zu solchen wird. Wir befinden uns derzeit im steilen Aufschwung dieser Technik mit exponentieller Marktentwicklung, wobei der Bereich der (mobilen) Gesundheit eine besondere Beachtung erhält.

1.2. mHealth (mobile Health)

Unter mHealth (mobile Health) versteht die Weltgesundheitsorganisation (WHO) alle Bereiche, in denen Mobilgeräte² zur Unterstützung im medizinischen Kontext und der (öffentlichen) Gesundheitsvorsorge bzw. im Gesundheitskontext Anwendung finden (Kay, Santos und Takane 2011).³ Eine differenzierte Begriffsdefinition ist aufgrund der vielfältigen Verknüpfung mit diversen medizinischen und technischen Bereichen schwierig (Endl, Jäschke, Thiel und Wickinghoff 2015). Gerade diese Verzahnung ist für die Zielerreichung einer bedarfsorientierten patientenzentrierten Versorgung notwendig. mHealth-Anwendungen sind von Patienten nutzbar

¹ Diese Einschätzung entwickelte sich in einer Diskussion mit Mirko Ketterer im Jahr 2007, als gerade das iPhone erschien. Sie begeistert mich seither und ich werde nicht müde sie zu zitieren.

² Von einfachen Mobiltelefonen über Smartphones, Phablets, Tablets bis hin zu Wearables und anderen „tragbaren“ Geräten.

³ „[...] the Global Observatory for eHealth (GOe) defined mobile health as medical and public health practice supported by mobile devices, such as mobile phones, patient monitoring devices, personal digital assistants (PDAs), and other wireless devices.“

und richten sich an die Allgemeinheit (Terry 2015). Praktisch ermöglicht mHealth Patienten, direkt und aktiv an der eigenen Versorgung teilzuhaben, schlicht Informationen zu recherchieren oder gesundheitsbezogene Daten zu verwalten (Terry 2015). Aufgrund der inhärenten Mobilität können nun Versorgungsansätze in der Lebenswirklichkeit der Patienten, sei es im alltäglichen Leben oder beispielsweise am Patientenbett (am sog. „Point-of-Care“), konzipiert und umgesetzt werden. Nutzer werden mit dem situations- und kontextgerechten Einsatz von mHealth in die Lage versetzt, einfacher die Verantwortung für ihre Gesundheit wahrzunehmen und mittels der erfassten und bereitgestellten Informationen aktiv im Sinne ihrer Gesundheit zu werden, sei es präventiv oder im Rahmen der Diagnostik, Behandlung und Rehabilitation. mHealth ermöglicht es, einen Paradigmenwechsel zu vollziehen und Versorgungsmodelle umzusetzen, bei denen Patientinnen und Patienten aus ihrer eher passiven empfangenden Rolle befreit und aktiv in die eigene Versorgung eingebunden werden können (Albrecht und von Jan 2016).

1.3. Apps und Gesundheits-Apps

Smarte Mobilgeräte sind die wesentlichen technischen Komponenten von mHealth. Diese bieten eine vielfältige Sensorik, Rechen- und Speicherleistung und Kommunikationselemente wie z.B. Bluetooth, WiFi, Mobilfunk. Diese Geräte werden mit Software in ihrer Funktion erweitert, die von Vertriebsplattformen (engl. „App Stores“) heruntergeladen werden kann. Auf diesen Plattformen können Drittanbieter eigene Computerprogramme (engl. Software) anbieten. Im mobiltechnischen Bereich wird diese Software allgemein als „App“ bezeichnet. Dieser Begriff stellt eine Kurzform von engl. „Application“ dar und unterstreicht den funktionellen Charakter, den diese Software über Zielgeräte unterstützt. Unterschiedlichste Mobilgeräte erhalten durch die Apps vielfältige Funktionalitäten (Pramann und Albrecht 2015), die nahezu das gesamte Spektrum an privaten und öffentlichen Anwendungsfeldern abdeckt. Als „Gesundheits-Apps“ werden solche Apps bezeichnet, die den Anwenderinnen und Anwendern Funktionalitäten für die Bereiche Gesundheit, Medizin, Heilkunde oder Wellness bereitstellen und somit im weiteren Sinne die WHO-Definition des Begriffs „Gesundheit“⁴ (WHO 1948) auf den App-Bereich übertragen (Albrecht und von Jan 2016).

1.4. Anwendungsfelder von Gesundheits-Apps

Der Markt für Gesundheits-Apps ist groß, gleiches gilt für das Angebot, das primär von den Konzernen Apple und Google gestellt wird. Leider ist der Markt auch sehr unübersichtlich, was einerseits der jeweiligen Konzernphilosophie und andererseits der hohen Marktdynamik⁵ geschuldet ist. Die Anzahl an Apps mit Gesundheitsbezug auf den Vertriebsplattformen kann daher nur geschätzt werden und beläuft sich auf bis zu 100.000 Anwendungen (research2guidance 2015b). Es sind nur grobe Gesundheitskategorien zur freiwilligen Einordnung in den App Stores vorgesehen. Diese nennen sich „Gesundheit und Fitness“ und „Medizin“ (Albrecht und von Jan 2016). Zusätzliche App-Angebote stehen auch in anderen Kategorien ohne offensichtlichen Gesundheitsbezug bereit (Albrecht und von Jan 2014; Albrecht, Engeli und von Jan 2016). Grundsätzlich finden sich in den beiden Hauptkategorien auch Apps zu den Anwendungsbereichen Information, Verwaltung, Assessment, Versorgung/Intervention, Unterstützung, Forschung und Unterhaltung, ohne, dass diese in den App Stores gesondert gekennzeichnet wären. Die Tabelle 1 erläutert die Bereiche anhand von Beispielen (Albrecht und von Jan 2016).

1.5. Funktionstypen von Gesundheits-Apps

Aufgrund der geschilderten Intransparenz bezüglich des Angebots ist weitestgehend unklar, welche Apps mit welchen Funktionalitäten belegt und wie oft diese in den Angeboten vertreten sind. In einer eigenen Analyse hat die von mir geleitete Forschergruppe auf Basis der existierenden Literatur und einer Untersuchung

⁴Gesundheit als „Zustand des vollkommenen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und nicht die bloße Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechen“ (WHO 1948).

⁵Dank niedriger Einstiegsbarrieren für Entwickler und niedrigschwelligem Zugang zum wenig regulierten Angebot.

Tabelle 1.: Einsatzmöglichkeiten von Apps im Rahmen von Gesundheitsförderung, Prävention und Versorgung (Albrecht und von Jan 2016).

Anwendungskontext	Beispiele
Information	Apps, die zur Bereitstellung von Informationen mit Gesundheitsbezug dienen.
Bildung	Apps zur gesundheitlichen Schulung und Aufklärung von Patientinnen und Patienten ebenso wie gesundheitsinteressierten Personen, aber auch Apps mit lehrendem Charakter, z.B. im Kontext der Aus-, Fort- und Weiterbildung medizinischer Fachkreise.
Verwaltung	Apps, die einen Zugriff beispielsweise auf Arztpraxis- und Krankenhausinformationssysteme o.ä. ermöglichen oder die Verwaltung von gesundheitsbezogenen Daten allgemein erlauben, aber auch bei der Verwaltung von in der Versorgung anfallenden Daten helfen.
Assessment	Apps, die eine Bestandsaufnahme bezüglich des körperlichen oder seelischen Zustands vornehmen, z.B. zur Einschätzung der Fitness, aber auch in Form der Unterstützung von diagnostischen Prozessen.
Versorgung/Intervention	Apps, die aktiv in die Versorgung eingreifen, sei es präventiv oder mit therapeutischem Anspruch.
Unterstützung	Apps zur nutzerorientierten Unterstützung bei gesundheitsbezogenen Aspekten (sowohl im professionellen Kontext als auch für Nutzerinnen und Nutzer allgemein), die jedoch nicht in die Behandlung eingreifen.
Forschung	Forschung an Apps (z.B. Untersuchung der Wirksamkeit bestimmter App-basierter Ansätze) oder mit Apps (spezielle Forschungs-Apps). Zum Kontext der Forschung werden auch Apps gezählt, die Betroffenen ebenso wie medizinischem Fachpersonal Informationen über aktuell durchgeführte oder abgeschlossene Studien bzw. Studienzentren aus verschiedenen Bereichen der Medizin vermitteln.
Unterhaltung	Apps, deren Betonung auf Unterhaltung mit Gesundheitsbezug liegt.

der App-Stores der beiden größten Mobilplattformen (Google Play Store, Apple App Store) eine Einteilung der funktionellen Aspekte von gesundheitsbezogenen Apps entwickelt und für eine erste Bestandsaufnahme genutzt (siehe Tabelle 2). Die Daten wurden im Rahmen der vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) geförderten CHARISMHA-Studie (Albrecht 2016a, hier insbesondere Albrecht, Höhn und von Jan 2016) erhoben.

Bezogen auf iOS und Android stellen hinsichtlich der verschiedenen Funktionstypen Apps mit Informationscharakter mehr als 1/3 des Angebots dar. Zudem ist der Anteil von Apps, die der (Trainings-) Unterstützung oder dem Gesundheitsmanagement dienen mit insgesamt 26,3 bis 29,4 % hoch. Tabelle 2 gibt detaillierter Auskunft über die Funktionstypen und die Verteilung auf die App Stores.

1.6. Anwender von Gesundheits-Apps

Die Attraktivität von Gesundheits-Apps liegt vorrangig in dem Komfort begründet, den sie den Nutzern bieten können. Es steht eine Vielzahl von Anwendungen für diverse Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Funktionalitäten zur orts- und zeitlich unabhängigen Nutzung zur Verfügung (Anderson, Henner und Burkey 2013; Hilgefort et al. 2014). Die Anwendungen sind nicht nur einfach zu beziehen, in der Regel sind sie intuitiv zu bedienen und es macht Spaß, sie zu nutzen. Ihre Vielseitigkeit drückt sich auch in der möglichen Nutzung in unterschiedlichen Kontexten aus, ob nun für den eigenen Gebrauch oder zur Anwendung an Dritten oder zweckentfremdet („off label“). Genauso vielseitig, wie die Angebote sich darstellen, ist auch die Klientel, die sie nutzen kann und will. Die Verfügbarkeit von Gesundheits-Apps – gratis oder zu Dumping-Preisen – reduziert die Zugangsbarriere immens, sodass nahezu jeder, der ein entsprechendes Gerät in den Händen hält,

Tabelle 2.: Übergeordnete Funktionstypen und Häufigkeiten stratifiziert nach mobilen Betriebssystemen. Bezogen auf eine Stichprobe von 306 Android-Apps und 335 iOS-basierten Apps (Kategorien „Medizin“ und „Gesundheit und Fitness“), die im Rahmen der CHARISMHA-Studie (Albrecht, Höhn und von Jan 2016) erhoben wurde.

Übergeordnete Kategorie (zugehörige Funktionstypen)	iOS/Apple <i>n</i> = 335	Android/Google <i>n</i> = 306
Bereitstellung von Informationen (Nachrichten, Referenz, Lehr- und Lernmittel, Player/Viewer, Makler)	129 / 38,5%	112 / 36,6%
Datenerfassung, -verarbeitung, -auswertung (Entscheidungsunterstützung, Rechner, Messgerät, Monitor, Überwachung/Tracker)	67 / 20%	64 / 20,9%
Verwaltungs-Apps (Allgemeine Verwaltungsaufgaben)	10 / 2,9%	3 / 0,9%
Kalender- und terminbezogene Apps (Tagebuch, Erinnerung, Kalender)	14 / 3,9%	12 / 3,9%
Unterstützungs-Apps (Hilfsmittel, Trainingsunterstützung, Gesundheits-Manager)	88 / 26,3%	90 / 29,4%
Sonstige (Aktuator, Kommunikator, Spiel, Geschäft/Store, andere)	26 / 7,8%	25 / 8,2%

auch Gesundheits-Apps nutzen kann. Im Fokus dieser Arbeit stehen hierbei gesundheitsinteressierte Bürger und Patienten (chronisch oder akut erkrankt), ferner sind es Mitglieder der Heil- und Gesundheitsberufe (Mediziner, Pfl egende, Therapeuten, Studierende und Auszubildende).

1.7. Evidenzlage zu Gesundheits-Apps

Die vorbeschriebene liberale (und unübersichtliche) Marktsituation gepaart mit der Erwartungshaltung sämtlicher Akteure gegenüber der Technologie als Problemlöser im Gesundheitswesen führt zum derzeitigen „Hype“ (Albrecht, Höhn und von Jan 2016). Hersteller versuchen sich in kürzester Zeit zu überbieten, was sie primär durch Marketingmaßnahmen auch unter Zuhilfenahme von Studien forcieren. Es lässt sich ein Methoden-Wildwuchs bei den Evaluationen nachvollziehen. Diese Vielfalt ist für alle Beteiligten verwirrend und eine verlässliche Informationsgrundlage erschwert eine ausgewogene Beurteilung von Chancen und Risiken, die mit jeder wirksamen Technologie, resp. Methode verbunden ist (Albrecht 2013; Pramann und Albrecht 2014b; Albrecht 2016a). An diversen Stellen wird das Fehlen von wissenschaftlicher Evidenz zum Nutzen bemängelt (van Heerden, Tomlinson und Swartz 2012). Existierende Studien sind aufgrund ihrer methodischen, wie auch inhaltlichen Variabilität kaum für belastbare Vergleiche geeignet, geschweige denn sind ihre Ergebnisse auf andere Situationen übertragbar (Free, Phillips, Watson et al. 2013; Free, Phillips, Galli et al. 2013). Fehlschlüsse können die Folge sein, die die möglichen Chancen ebenso gut unter- wie überschätzt lassen (Albrecht 2016a). Eine Bewertung, die auf dem Boden einer nicht validen Informationsbasis getroffen wurde, kann zu einer fälschlichen Unter- oder Übersteuerung durch den Staat mit Konsequenzen für die Versorgung führen (Albrecht 2016a). Mögliche Folge wäre z.B. die Initiierung von unangemessenen Anreizen, die zu Entwicklungen „am Bedarf vorbei“ führen. Insbesondere beim Reizthema „Sicherheit“ besteht das grundsätzliche Risiko, entweder unangemessen zu strikt zu agieren und durch übertriebene Vorgabe innovationshemmend zu wirken oder zu lasche Vorgaben zu verankern, die zu Sicherheitsproblemen der Anwendungen führen (Albrecht 2016a).

Mit der Generierung von Evidenz lassen sich Adoptionsbarrieren für die Gesetzgebung reduzieren und insgesamt die interdisziplinäre Zusammenarbeit verbessern (Albrecht und Becker 2016; Albrecht 2016a). Global mangelt es an Evidenz zum Thema. Unabhängige, strukturierte und methodische Arbeiten sind im Verhältnis seltener bei gleichzeitig hohem Bedarf (Albrecht 2016a). Die sich hieraus ergebende Orientierungseinschränkung trägt zu der derzeit unbefriedigenden Situation für mHealth-Technologien und -Methoden mit Regulierungsschwierigkeiten auf gesetzlicher Ebene bei. Insgesamt erschwert das Innovationen oder leitet diese Fehl, was national gesehen reale Konsequenzen für den Wirtschaftsstandort Deutschland hat⁶.

Ziel muss es daher sein, eine Evidenzbasis zu schaffen und Studien durchzuführen, die geeignet sind, den Diskussionen um Chancen und Risiken eine valide Grundlage zu geben und den politischen Prozess, der mit einem interdisziplinären Fachdialog eingeleitet wurde (Beerheide 2016), sinntragend zu unterstützen.

⁶Das Marktforschungsunternehmen research2guidance rät in einem Report aus dem Jahr 2015 aufgrund dieser unklaren Situation Entwicklern ab, Deutschland als vorrangiges Ziel für mHealth-Entwicklungen wahrzunehmen (research2guidance 2015a).

Wissenschaftliche Originalpublikationen der kumulativen Habilitationsschrift

Die Arbeit der von mir geleiteten Arbeitsgruppe PLRI MedAppLab ist seit ihrer Gründung im Jahre 2012 multi- und interdisziplinär ausgerichtet, um den rasch expandierenden Bereich „mHealth“ thematisch breit untersuchen zu können. Sie untersucht die Rahmenbedingungen für den sicheren, wirksamen und effizienten Einsatz von mHealth. Neben der Analyse der sich rapide ändernden politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen und bedingt durch die permanenten technischen Innovationen, gehören Untersuchungen zu aktuellen und potenziellen Anwendungsfeldern und Risiken der Technologie zum Arbeitsprogramm. Neben technologisch-medizininformatischen Aspekten sind es vor allem ethisch-rechtliche Elemente, die in den Arbeiten seither berücksichtigt wurden. Der Grund für diesen Ansatz lag in der anfänglichen Neuheit des Feldes und seiner Dynamik in Nachfrage und Angebot. Letztere wird forciert durch einen Implementierungsdruck der Industrie, der Anwender und der Politik. Hieraus begründete sich die Notwendigkeit, schnelle und doch verlässliche Antworten auf vielfältige Fragen zu liefern, um den Einsatz im Gesundheitsbereich, insbesondere der Medizin, rechtfertigen zu können.

Die vorliegende Zusammenstellung von Originalien bildet eine Auswahl von Arbeiten, die sich primär der Generierung von wissenschaftlicher Evidenz zum Nutzen von mHealth-Applikationen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern widmen. Der erste Beitrag (Abschnitt 2.1) bildet den Einstieg und zugleich den Rahmen für die spätere Diskussion im Sinne einer Bestandsaufnahme zur Nutzungssituation, zum Bedarf und zu Adoptionsbarrieren von mHealth in der Klinik. Anhand der vier Anwendungsbereiche Hygiene (Abschnitt 2.2), Kommunikation (Abschnitt 2.3), Dokumentation (Abschnitt 2.4) und Lehre (Abschnitt 2.5) werden beispielhaft einzelne Szenarien untersucht. Neben der Beurteilung der technologischen Komponente wurde, soweit anwendbar, der Nutzen im Versorgungskontext geprüft und eine Beschreibung der Chancen und Risiken – gesellschaftlich bzw. auf den jeweiligen Anwendungskontext bezogen – vorgenommen. Der praxisnahe Fokus wurde bewusst gewählt, um primär in der Versorgung tätigen Akteuren schnell relevante Fragestellungen zu beantworten und sie in ihrer Risiko-Nutzen-Abwägung für den Einsatz zu unterstützen. Die wissenschaftlichen Evaluationen der Anwendungen⁷ führten unweigerlich zur Auseinandersetzung mit ethischen und rechtlichen Fragestellungen, die in den Beiträgen ebenfalls behandelt werden. Die hieraus erarbeiteten Folgerungen werden im Kapitel 3 aufgenommen und im Kontext von smarten, evidenten und sicheren mHealth-Anwendungen mit den jeweiligen Implikationen für die Forschung und Entwicklung diskutiert.

⁷Mit Ausnahme einer der evaluierten Apps wurden alle in der Arbeitsgruppe erdacht, designed und entwickelt. Die in der Arbeitsgruppe entstandenen Apps sind frei verfügbar und werden erfolgreich national und international eingesetzt.

2.1. Nutzung und Erwartungen von mobiler Technologie im medizinischen Kontext



Illiger K, Hupka M, von Jan U, Wichelhaus D und **Albrecht UV** (2014). Mobile technologies: expectancy, usage, and acceptance of clinical staff and patients at a university medical center. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 2(4), e42. DOI: 10.2196/mhealth.3799. PMID: PMC4259908

2.1.1. Einleitung

Die Nutzung mobiler Geräte zieht sich quer durch alle Bevölkerungsschichten, Berufsgruppen und Anwendungsszenarien. In Bezug auf Gesundheitsbelange nutzen Patienten sie, um ihre eigenen Gesundheitsinformationen (oder die ihrer Angehörigen) zu erfassen, zu bewerten und zu verwalten, ihre körperliche Fitness zu überwachen, oder Informationen abzurufen. Auf ärztlicher Seite sind vielfältige Nutzungsszenarien möglich, die auch diagnostische und therapeutische einschließen. Der Einsatz mobiler Technologie im Gesundheitssektor setzt auf die Interaktion zwischen den verschiedenen Beteiligten. Neben Fragen der (technischen wie inhaltlichen) Machbarkeit sind Aspekte wie Sicherheit oder strukturelle, rechtliche und politische Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Implementierung relevant. Das Wissen um die Nutzung und Einschätzung von den Hauptakteuren im klinischen Umfeld, also den Patienten und dem medizinischen Fachpersonal des klinischen und ambulanten Sektors, ist nicht nur wichtig, um die aktuelle Situation zu erfassen. Es hilft, die Sorgen und Hoffnungen der Akteure zu begreifen und bildet hierdurch die Grundlage für eine Diskussion, ob, wie und mit welchen Maßnahmen die Technologie erfolgreich implementiert werden kann.

2.1.2. Problemstellung

Die Bedürfnisse der Anwender, seien es gesundheitsinteressierte Laien, medizinisches Fachpersonal oder andere Stakeholder des Gesundheitssektors, wurden auf wissenschaftlicher Seite nur selten dezidiert untersucht. Um einen Beitrag zur Klärung der Situation zu leisten, insbesondere hinsichtlich der Meinung von Anwendern verschiedener Couleur zum Umgang mit mobilen Technologien, deren möglichen (wahrgenommenen) Nutzen, aber auch den möglichen Befürchtungen, die gegenüber der Technik bestehen, wurden unter Federführung der Arbeitsgruppe und zu mehreren Zeitpunkten Befragungen von Patienten und klinisch tätigen sowie niedergelassenen Ärzten durchgeführt.

Ziel war es, zunächst die Situation im klinischen Sektor abzubilden und zu überprüfen, ob, und wenn ja, welche Unterschiede im Meinungsbild der klinisch tätigen Ärztinnen und Ärzte sowie der in einem Krankenhaus der Maximalversorgung anzutreffenden Patienten im Hinblick auf mobile Technologien bestehen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf bereits genutzten Einsatzszenarien und auf Chancen und Risiken, die die beiden Gruppen beim Einsatz mobiler Geräte und der darauf laufenden Gesundheits-Apps jeweils für sich bzw. in Zusammenarbeit mit ihrem Gegenüber sehen.

2.1.3. Methode

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde eine Befragung von Patienten und Ärztinnen und Ärzte der Medizinischen Hochschule Hannover durchgeführt (Illiger, von Jan und Albrecht 2014; Illiger, Hupka, von Jan, Wichelhaus und Albrecht 2014). Die Befragung der Patienten fand durch speziell dafür geschultes Studienpersonal (sieben Studierende der Hochschule Hannover) an 5 Tagen (je 2 bis 4 Stunden, im Zeitraum November bis Dezember 2013) in Form mündlicher Interviews statt. Jeder zweite Patient, der an den Befragungstagen in der zentralen Aufnahme eintraf (229/558), wurde um die Einwilligung zur Teilnahme gebeten, davon nahmen 213 tatsächlich teil (Teilnahmequote 76,3 %). Hauptgründe für den Ausschluss waren neben fehlender Einwilligung ein zu frühes Abrufen aus dem Wartebereich und mangelnde Sprachkenntnisse. Personen unter 18 Jahren waren ebenso ausgeschlossen, da die Aufnahme von Kindern und Jugendlichen in der MHH nicht über die zentrale Aufnahme, sondern über die der Kinderklinik erfolgt.

Für die Befragung der Ärztinnen und Ärzte (Februar und März 2014) wurden das gesamte zum Studienzeitpunkt an der MHH arbeitende ärztliche Personal ($N = 1151$) per eMail zur Teilnahme angeschrieben und zu einer elektronisch und anonym durchgeführten Befragung (Online-Formular) eingeladen, wovon 206 tatsächlich antworteten (206/1151, Teilnahmequote 17,9%).

Die Teilnehmer stellten aufgrund ihrer soziodemographischen Daten einen Querschnitt durch die übliche Patientenpopulation der MHH dar bzw. entsprachen auf ärztlicher Seite demographisch den für die MHH insgesamt zum Studienzeitpunkt verfügbaren Daten (Miemitz 2011).

2.1.3.1. Fragebögen

Obwohl sich die Art der Befragung beider Gruppen unterschied, wurden zwecks Vergleichbarkeit für beide Kohorten weitgehend identische Fragen verwendet. Die Fragen konnten entweder durch „ja“ und „nein“ oder eine Auswahl verschiedener Optionen bzw. Abstufungen beantwortet werden.

Patientinnen und Patienten

Für die Befragung der Patientinnen und Patienten wurden insgesamt 17 Fragen verwendet. Erfragt wurden u.a. Angaben zum gegenwärtigen Gebrauch mobiler Geräte (Verfügbarkeit entsprechender Geräte, Art der vorhandenen Geräte und ihrer gegenwärtigen und für die Zukunft gewünschten bzw. denkbaren gesundheitsbezogenen Nutzung). Ebenso wurden die Patientinnen und Patienten gebeten, Angaben zu ihrer Meinung bzgl. der Nutzung mobiler Technologie von ärztlicher Seite beim Patientenkontakt (z.B. zu Illustrationszwecken oder für Informationsrecherche etc.), aber auch bezüglich ihrer Befürchtungen im Zusammenhang mit der Nutzung von mHealth-Technologien zu machen. Zudem wurden soziodemographischen Daten erfragt (Alter, Schulbildung, Geschlecht), da diese Faktoren einen Einfluss auf die Nutzung neuer Medien sowie das Verhalten im Gesundheitskontext allgemein haben können (Koivusilta, Lintonen und Rimpelä 2007; Schorb, Hartung und Reißmann 2009; Kontos, Blake, Chou und Prestin 2014). Außerdem wurden Angaben dazu erbeten, ob der Grund des Besuchs eine chronische (Zeitdauer länger als 6 Monate) oder akute Erkrankung war.

Klinisch tätige Ärzte

Der Fragebogen für die ärztlichen Teilnehmerinnen und Teilnehmer setzte sich im Hinblick auf die im Rahmen der Studie relevanten Fragen aus insgesamt 15 Fragen zusammen (weitere 12 Fragen wurden in einem anderen Zusammenhang erhoben), die – wie bereits bei den Patientinnen und Patienten – zunächst die Verfügbarkeit mobiler Geräte sowie genutzte Gerätetypen und bereits genutzte Medizin-bezogene Einsatzbereiche, aber auch zukünftig denkbare/gewünschte Einsatzszenarien abdeckten. Erbeten wurden auch Angaben, welche Faktoren der Nutzung mobiler Technologien beim Patientenkontakt oder der Zusammenarbeit mit Kollegen entgegenstehen können. Abschließend wurden die berufliche Hierarchieebene, die Art der Abteilung/Klinik, in der die Teilnehmer tätig waren, sowie die Berufserfahrung, das Alter sowie das Geschlecht erfragt.

2.1.3.2. Auswertung

Die deskriptive und statistische Evaluation wurde mittels GNU R (Version 3.1.1) vorgenommen. Zur Untersuchung von Abhängigkeiten der Nutzung in Bezug auf Alter, Geschlecht, Bildung oder Berufserfahrung kam der exakte Fisher-Test (zweiseitig, $\alpha = 0,05$, Monte Carlo-Approximation mit 2000 Wiederholungen) zum Einsatz. Bei den Patientinnen und Patienten wurden die Gruppen für Grund- und Hauptschule zusammengefasst, da die Zahl der Teilnehmer, die diesen beiden Gruppen angehörte, gering war.

2.1.4. Ergebnisse

2.1.4.1. Patientinnen und Patienten

Zum Studienzeitpunkt im Jahr 2013 hatten etwas mehr als die Hälfte der befragten Patientinnen und Patienten bereits Zugriff auf ein App-fähiges Mobilgerät (110/213). Android-Geräte führten (60,0 %, 66/110), gefolgt von Apple-Geräten (iPad, iPhone, iPod touch) mit 27,3 % (30/110). Während bei den Jüngeren bis 25 Jahre alle Teilnehmer ein Mobilgerät besaßen, waren in der Gruppe ab 68 Jahren nur noch bei etwas mehr als jedem zehnten Teilnehmer App-fähige Mobilgeräte vorhanden. Für die Patienten ist die Nutzung mobiler Smart-Devices altersabhängig ($P = 0,001$). Auch in Bezug auf die erreichte Schulbildung ($P = 0,002$) ließ sich eine Abhängigkeit feststellen, die Nutzungsrate mobiler Geräte stieg hier mit dem Bildungsstand.

Gesundheitsbezogene Einsatzbereiche: Aktuell und zukünftig

Bezogen auf die teilnehmenden Patienten mit Zugriff auf App-fähige Mobilgeräte gaben 48,2 % (53/110) an, dass sie die mobilen Geräte gesundheitsbezogen nutzten. Hier bestehen keine Unterschiede zwischen akut und chronisch erkrankten Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Das Nachschlagen von Informationen zu Symptomen (81 %, 43/53), diagnostischen und therapeutischen Methoden (68 %, 36/53) oder Wirkungen und Nebenwirkungen von Medikamenten, medizinischen Geräten oder Therapien (53 %, 28/53) war beliebt. Auch für die Suche nach Ärzten (74 %, 39/53) und nach Apotheken (70 %, 37/53) wurden die Geräte genutzt. Die elektronische Kommunikation, z.B. mit ihren Ärzten (26 %, 14/53), Versicherungen (23 %, 12/53) oder anderen Gesundheitsdienstleistern (19 %, 10/53) war den Teilnehmern hingegen weniger wichtig.

Hinsichtlich zukünftiger Nutzungsszenarien (unabhängig davon, ob zum Befragungszeitpunkt bereits mobile Techniken genutzt wurden) wurde die Suche nach Ärzten mit 49,8 % (106/213) sowie nach Apotheken (35,7 %, 76/213) häufig erwähnt. 38,5 % (82/213) konnten sich vorstellen, zukünftig Informationen zu Symptomen und Erkrankungen mobil zu recherchieren. Im Gegensatz zur bereits erfolgenden Nutzung stieg der Stellenwert bezogen auf einen zukünftigen Einsatz für gesundheitsbezogene Kommunikation mit Ärztinnen und Ärzten (34,3 %, 73/213). Es konnten sich jedoch nur Wenige (8,9 %, 18/203) vorstellen, künftig selbst „mobil“ eine eigene Diagnose zu stellen.

39,1 % (43/110) derer, die Zugriff auf ein App-fähiges Mobilgerät hatten, gaben an, eine oder mehrere gesundheitsbezogene Apps auf ihren Geräten installiert zu haben (Freitextantwort). Genannt wurden dabei Fitness-Applikationen ebenso wie solche der jeweiligen Krankenversicherung oder von Apotheken, aber auch Apps zur Unterstützung bei der Gewichtsreduktion sowie Sehtests oder Apps zur Messung des Pulses. Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass die genannten Apps alle der Definition allgemeiner Gesundheits-Apps entsprechen (Albrecht, Pramann und von Jan 2014b) und keine Apps mit diagnostischem oder therapeutischem Anspruch (im Sinne eines Medizinprodukts) darstellen.

Apps im Arztkontakt

Neben der Nutzung aus eigenem Interesse wurde auch danach gefragt, ob Bedenken gegenüber der Nutzung von Mobilgeräten durch Ärztinnen und Ärzte während des Kontakts bestünden. Die Mehrzahl der Befragten sah es als unproblematisch an, wenn eine solche Nutzung in ihrem Beisein zu Kommunikationszwecken erfolgte. Ebenso fanden sie die Nutzung zu Illustrationszwecken in Ordnung (90,5 % bzw. 180/199, die diese Frage beantwortet hatten), also z.B. um Informationen zur Erkrankung oder Therapie zu vermitteln. Auch hatten nur wenige damit ein Problem, wenn ihre Ärztinnen und Ärzte auf mobilem Wege Informationen zu ihrer Erkrankung abriefen. Immerhin 78,7 % (155/197 der Antwortenden) waren hiermit einverstanden. Einer Speicherung der eigenen (medizinischen) Daten auf den Geräten der Ärztinnen und Ärzte stand etwas mehr als jeder fünfte ablehnend gegenüber (22,3 %, 45/202); 71,8 % (145/202) fanden dies hingegen akzeptabel.

Bedenken in Bezug auf mHealth

Bedenken bezüglich der Nutzung im gesundheitsnahen Kontext wurden insbesondere im Hinblick auf Datenschutz (53,1 %, 113/213) geäußert. Aber auch hinsichtlich der technischen Zuverlässigkeit der Geräte (13,1 %, 28/213) oder Anfälligkeit der Software (14,6 %, 31/213) waren manche der Befragten besorgt. Von denen, die sich Gedanken machten, weil sie die Technik zu komplex fanden (11,7 %, 25/213), hatte die Mehrheit (20/25) selbst noch keinen Zugriff auf mobile Smart-Devices wie Smartphones und Tablet-PCs.

2.1.4.2. Klinisch tätige Ärztinnen und Ärzte

Nutzung mobiler Geräte

Mit 81,6 % der Teilnehmer (168/206) besaßen Ärztinnen und Ärzte zu einem höheren Teil (ein oder mehrere verschiedene) mobile Geräte. Insgesamt 37,9 % (78/206, bezogen auf Gerätebesitzer 46,4 % oder 78/168) der Befragten nutzten ihre Geräte auch zu beruflichen Zwecken, weitere 37,4 % (77/206) konnten sich eine entsprechende Nutzung mobiler Geräte für die nahe Zukunft vorstellen. Die Mehrheit hatte die Geräte aus privaten Gründen angeschafft, nur 12 Teilnehmer hatten ein Gerät vom Arbeitgeber erhalten. Von denen, die ein Smartphone nutzten (158/169), gaben 69 an, dies auch für berufliche Zwecke einzusetzen. Android- oder iOS-basierte Tablet-PCs wurden hingegen seltener genutzt (80/169, davon 46/80 mit beruflicher Nutzung).

Für die befragten Ärztinnen und Ärzte hing die Nutzung der Geräte im Arbeitsumfeld weder vom Alter ($P = 0,66$) noch der Berufserfahrung ($P = 0,34$) ab; das Geschlecht war hier allerdings von Belang ($P = 0,009$). Mit 45,2 % (61/135) war die Nutzung zu beruflichen Zwecken bei männlichen Teilnehmern verbreiteter als bei den befragten Ärztinnen (25 %, 17/67).

Berufliche Einsatzbereiche

Die zum Zeitpunkt der Befragung populärsten Einsatzzwecke im beruflichen Kontext waren das Versenden und Empfangen von eMails (60,7 %, 125/206) oder die Informationsrecherche zu medizinischen Fragestellungen (58,7 %, 121/206). Der Einsatz für diagnostische Zwecke oder zur Information des Patienten spielten eine untergeordnete Rolle.

Befragt nach Apps mit Medizinbezug, die sie einsetzten, wurden hauptsächlich solche genannt, die der Literaturrecherche oder dem Zugriff auf Medikamentendatenbanken dienen; auch die Nutzung von Apps, die von Verlagen für den Zugriff auf deren Angebote bereitgestellt werden, wurde bestätigt. Zudem wurden in den zusätzlich möglichen Freitextantworten in zwei Fällen professionelle (soziale) Netzwerke angegeben, in denen z.B. Fälle diskutiert werden können.

Bedenken beim Einsatz von Apps

Mögliche Bedenken bezogen auf den Einsatz von Apps wurden hauptsächlich im Zusammenhang mit der Sicherheit der Patientendaten bzw. Datenschutz (62,6 %, 129/206), aber auch im Hinblick auf Hygienefragen (38,8 %, 80/206) genannt, die bei Nichtbeachtung zu schwerwiegenden Folgen führen können (Albrecht, von Jan, Sedlacek et al. 2013). Auch die Glaubwürdigkeit der Inhalte (32,5 %, 67/206) schien den Teilnehmenden teils fragwürdig. Für diese drei Faktoren bestand kein Unterschied zwischen denen, die bereits mobile Geräte nutzten und den Nicht-Nutzern. Allerdings sorgte sich die Gruppe der Nicht-Nutzer in stärkerem Maß um die technische Zuverlässigkeit der verwendeten Geräte, der Unterschied ist statistisch signifikant ($P = 0,03$). Die Befürchtung, dass Patientinnen und Patienten der Technologie ablehnend gegenüberstehen könnten, weil sie damit selbst nicht vertraut seien (8,2 %, 17/206), spielte jedoch ebenso wie eigene mangelnde Vertrautheit bzw. zu großer Aufwand, sich mit der Technik vertraut zu machen (2,9 %, 6/206) auf ärztlicher Seite nur eine untergeordnete Rolle.

2.1.4.3. Ergebnisse im Vergleich

Einfluss demographischer Faktoren auf die Nutzung

Demographische Faktoren haben im Allgemeinen einen Einfluss auf die Nutzung mobiler Techniken und dies trifft auch zu, wenn es um gesundheitsbezogene Nutzung geht: Bei den Patientinnen und Patienten konnten bei jüngeren sowie besser Ausgebildeten jeweils signifikant höhere Nutzungsraten festgestellt werden. Hingegen ließ sich bei den teilnehmenden Ärztinnen und Ärzten nur bzgl. des Geschlechts ein Einfluss feststellen, Alter oder Berufserfahrung waren hingegen keine Faktoren.

Kaum Interaktion zwischen Patientinnen und Patienten und der ärztlichen Seite

Zwar gaben 51,6 % (110/213) der teilnehmenden Patientinnen und Patienten an, Zugriff auf mobile Geräte zu haben, und knapp die Hälfte davon 48,2 % (53/110) nutzte diese auch im Gesundheitskontext. Ebenso waren mobile Geräte bei den befragten Ärztinnen und Ärzten mit 81,6 % (168/206), die ein oder mehrere entsprechende Geräte besaßen und davon 46,4 % oder 78/168, die sie auch im beruflichen Zusammenhang verwendeten, sehr populär. Dennoch schien nur wenig Austausch bzgl. des gesundheitsbezogenen Einsatzes von Apps und mobilen Geräten zwischen beiden Parteien stattzufinden: Beide Seiten nutzten die Geräte vordringlich, um Informationen nachzuschlagen, hingegen wurden sie selten genutzt, um zusammen Inhalte zu erarbeiten oder zu besprechen oder sich mit der jeweils anderen Partei auszutauschen.

Das führt zu der Frage, warum bislang trotz der Popularität kaum ein entsprechender Austausch, sei es inhaltlich oder auch auf Datenebene, stattfindet. Ein Grund mag mangelnde Kompatibilität (Chung, Cook, Bales, Zia und Munson 2015) zwischen den von Patienten verwendeten Apps und der Klinik verbreiteten Systemen sein (z.B. durch den Einsatz nicht-standardisierter Datenformate oder fehlender Übertragungsmöglichkeiten in den Apps). Andererseits mögen auch (befürchtete oder tatsächliche) Unterbrechungen der Arbeitsabläufe, Zeitmangel, Zweifel bzgl. des Nutzens (Chung, Cook, Bales, Zia und Munson 2015) bzw. der Qualität der über Apps erfassten Daten Einfluss haben.

Unterschiede bei der Nutzung

Während bei Patienten das Nachschlagen von gesundheitsbezogenen Informationen im Vordergrund stand, z.B. die Suche nach Ärztinnen und Ärzten (39/53, 74 %) oder Apotheken (37/53, 70 %) und sie sich auch sehr häufig für symptom- oder erkrankungsbezogene Informationen interessierten (43/53, 81 %), nutzen sie ihre Geräte eher seltener, um mittels eMail, Chat oder anderer elektronischer Kommunikationswege in Kontakt zu ihren Ärztinnen bzw. Ärzten zu treten (14/53, 26 %). Demgegenüber stand auf ärztlicher Seite Kommunikation an erster Stelle, nahezu 6 von 10 (60,7 %, 125/206) der Befragten gaben dies an, Referenzzwecke (58,7 %, 121/206) wurden nur geringfügig seltener genannt.

Bedenken bei der Nutzung

Auf beiden Seiten bestanden teils erhebliche Bedenken hinsichtlich datenschutzrelevanter Aspekte. 53,1 % (113/213) hatten allgemein Bedenken im Kontext von Apps und Gesundheit und etwas mehr als jeder Fünfte (22,3 %, 45/202) stand einer Speicherung der eigenen Daten auf den Geräten der Ärztinnen und Ärzte skeptisch gegenüber. Tatsächlich nutzten nur 4,8 % (10/206) der befragten Mediziner ihre Geräte entsprechend.

Weiterhin hatten nahezu 8 von 10 Patientinnen und Patienten, die die Frage beantworteten (78,7 %, 155/197) keine Bedenken, wenn Ärztinnen und Ärzte Informationen zu dem jeweiligen gesundheitlichen Problem in ihrem Beisein mobil abriefen, nur etwas mehr als jeder Fünfte (21,3 %, 42/197) fand dies nicht in Ordnung. Hinsichtlich der tatsächlichen Nutzung für diesen Zweck war festzustellen, dass nur etwas über die Hälfte der befragten Ärztinnen und Ärzte auf mobilem Wege entsprechende Informationen recherchierte. Ob dies daran

liegt, dass sich die Beteiligten Gedanken über eine möglichen Ablehnung ihrer Patientinnen und Patienten machen oder vielmehr mangelnder Komfort bzw. die für die mobile Informationssuche benötigte Zeit der Grund ist, war aus den erhobenen Daten nicht ersichtlich.

2.1.5. Folgerungen

Zusammenfassend ließen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die Ergebnisse liefern bzgl. der Nutzung mobiler Techniken allgemein und in Bezug auf die Gesundheit Indizien für die in der Literatur oft erwähnte digitale Kluft (Sarkar et al. 2011; Neter und Brainin 2012; Becker, Stefan et al. 2013; Bender et al. 2014).
- Eine kollaborative Nutzung mobiler Technologien findet bislang kaum statt. Somit werden mögliche Potenziale, die sich hierdurch ergeben könnten, nicht ausgeschöpft. Hürden, die dem Einsatz entgegenstehen, z.B. auf regulatorischer und rechtlicher, aber auch finanzieller Seite, müssen von den verantwortlichen Stellen angegangen werden.
- Das Bereitstellen qualitativ hochwertiger und sicher nutzbarer Angebote ist essenziell, nicht zuletzt um auch den Bedenken der Befragten hinsichtlich Datenschutz und inhaltlicher Qualität von Apps Rechnung zu tragen, wobei primär die Hersteller der (Gesundheits-) Apps in der Verantwortung stehen.
- Nicht zuletzt müssen auch adäquate Aufklärungs- sowie Aus- und Weiterbildungsangebote zu den „Dos and Dont’s“ im Bereich mobiler Technologien geschaffen werden: Nur wenn (potenzielle) Nutzer sich ausreichend sicher im Umgang fühlen und Vertrauen in die Technik haben, werden sie auch deren Potenziale erkennen, sie auch tatsächlich verwenden und können damit auch davon profitieren.
- Aufgrund der rapiden Entwicklungszyklen im Bereich mHealth und der sich dadurch stetig ergebenden neuen Anforderungen kann die vorgestellte Studie nur eine Momentaufnahme sein. Daher ist eine stetige wissenschaftlich Begleitung angeraten.

2.2. Hygiene als Grundbedingung für den Einsatz im medizinischen Bereich



Albrecht UV, von Jan U, Sedlacek L, Groos S, Suerbaum S und Vonberg RP (2013). Standardized, App-based disinfection of iPads in a clinical and nonclinical setting: comparative analysis. In: *J Med Internet Res* 15(8), e176. DOI: 10.2196/jmir.2643. PMID: PMC3758047

2.2.1. Einleitung

Die sich bietenden Chancen der Technologie werden von allen Beteiligten mit Begeisterung ergriffen. Es bestehen allerdings auch Risiken, die sich aus dieser Nutzung ergeben, diese werden jedoch meist nur auf technischer (z.B. Datenschutzproblematik (Fu und Blum 2014; Garrie und Paustian 2014; Sunyaev, Dehling, Taylor und Mandl 2015; Pramann 2016), mangelnder oder fehlerhafter Umsetzung (Bierbrier, Lo und Wu 2014; Brönnner, Meister, Breil und Albrecht 2016), inhaltlicher (Crane, Garnett, Brown, West und Michie 2015; Albrecht 2016c) oder ethischer Ebene (Labrique, Kirk, Westergaard und Merritt 2013; Fangerau, Griemert und Albrecht 2016)) gesehen. Für den allgemeinen Einsatz stehen die genannten Aspekte zweifelsohne zu Recht im Vordergrund. In der klinischen Versorgung, insbesondere in Risikobereichen, müssen allerdings weitere Faktoren, wie z.B. hygienische Aspekte, berücksichtigt werden: Die Geräte sind „immer dabei“, wandern von der Hosentasche in die Hand, eventuell zum Patientenbett – und auch wieder zurück und bieten so eine gute Plattform – nicht nur zum Austausch von Informationen, sondern auch von krankmachenden Erregern.

2.2.2. Problemstellung

Nosokomiale Infektionen, die Patienten während eines Klinikaufenthaltes erleiden, bedingen besonders bei Hochrisikopatienten (z.B. schwer erkrankten Personen, Älteren, immunsuprimierten Patienten) schnell schwerwiegende gesundheitliche Folgen, haben aber auch wirtschaftlich gesehen enorme Auswirkungen (Rosenthal et al. 2012). Hier können bereits Erreger, die für Gesunde unproblematisch sind, bei Infektion eine beträchtliche Gefahr für den Patienten darstellen. Zudem nimmt die Verbreitung multiresistenter Erreger stetig zu (Gagliotti et al. 2011).

Der unbedachte Gebrauch von mobiler Technologie birgt das Risiko der Erregertransmission und Verbreitung von entsprechenden Infektionen (Brady, Wasson, Stirling, McAllister und Damani 2006; Jeske, Tiefenthaler, Hohlrieder, Hinterberger und Benzer 2007). Bereits der alltägliche Gebrauch von Mobiltelefonen führt zu einer nicht zu vernachlässigenden Kontamination mit unterschiedlichsten Erregern (Ulger et al. 2009). Das Bewusstsein hierfür ist jedoch wenig ausgeprägt, wie bereits Brady et al. im Jahr 2009 bei einer Befragung von 90 Ärzte und Medizinstudierende darlegten (Brady, Verran, Damani und Gibb 2009). Mobiltelefone, PDA und Pager wurden laut Rückmeldungen selten gereinigt. Bis zu 80 % der PDA, 85 % der Mobiltelefone und 96 % der Pager wurden von ihren Nutzern nie einer Reinigungsprozedur unterzogen (Brady, Verran, Damani und Gibb 2009).

Marktübliche und eingesetzte Smartphones, Tablet-PC und andere mobile Smart-Devices sind für den privaten oder zumindest nichtmedizinischen Bereich entwickelt worden. Die Notwendigkeit, dass die Geräte einer den klinischen Maßstäben entsprechenden Desinfektion standhalten sollten, wird von den Herstellern somit nicht von vornherein bei der Entwicklung berücksichtigt oder gar ausgeschlossen, um die Geräte nicht zu beschädigen. Als problematisch wird oft die Beschädigung der verwendeten Materialien oder spezieller Oberflächenbeschichtungen, aber auch das mögliche Eindringen von Flüssigkeiten in die Geräte benannt, was zum Garantieverlust führt (Apple Support 2015). Herstellerempfehlungen beschränken sich daher z.B. darauf, auf die Verwendung von Lösungsmitteln oder alkoholbasierten Reinigungslösungen zu verzichten und eine Reinigung, wenn nötig, nur mit weichen, fusselfreien Tüchern durchzuführen⁸. Allgemein gelten im medizinischen Bereich Hygienevorschriften, die mit diesen Herstellerangaben nicht kompatibel sind. Dennoch finden mobile Geräte auch hier breiten Einsatz.

Von Interesse war daher festzustellen, welche Erregerbelastung bzgl. Art und Ausmaß sich aus einer üblichen Nutzung solcher Geräte im klinischen und nichtklinischen Alltag tatsächlich ergibt und zu untersuchen, inwiefern sich einerseits durch die empfohlenen Maßnahmen der Hersteller bereits eine Erregerreduktion erreichen lässt bzw. ob sich eine standardisiert durchgeführte Wischdesinfektion zielführender ist. Für die Durchführung und Evaluation dieser standardisierten Desinfektion wurde in der Arbeitsgruppe PLRI Med-AppLab die „deBac-App“ entworfen und umgesetzt, die für iOS⁹ und für Android¹⁰ in den jeweiligen Stores kostenfrei zur Verfügung steht und ihre Anwender zu einer standardisierten Desinfektion anleiten soll. Zudem bietet die App Funktionen, die an eine regelmäßige Desinfektion erinnern und deren Durchführung erfassen, so sie unter Verwendung der App erfolgt.

2.2.3. Methodik

Zur Untersuchung im klinischen Umfeld wurden dem Pflegepersonal mehrerer Stationen der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) für einen Zeitraum von 4 Wochen 10 iPads (Modell: iPad 2, Frontseite Glas, Rückseite Aluminium, siehe auch Abb. 1) für die alltägliche Nutzung im Arbeitsumfeld zur Verfügung gestellt. Es handelte sich hierbei um Stationen unterschiedlicher – chirurgischer ebenso wie nicht-chirurgischer – Fachdisziplinen. Die Pflegenden waren dazu angehalten, täglich zu Beginn der Tagesschicht, bzw. zusätzlich

⁸z.B. Anweisung von Apple aus dem Jahr 2013, bezogen auf das iPad 2: Apple Inc. How to clean Apple products (archiviert unter <http://www.webcitation.org/6EHeciNaO>): „Use only a soft, lint-free cloth.“, „Don't use window cleaners, household cleaners, aerosol sprays, solvents, alcohol, ammonia, or abrasives to clean iPad.“

⁹<https://itunes.apple.com/de/app/debac-app/id453976138?mt=8>

¹⁰<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.medapplab.debacfragments>

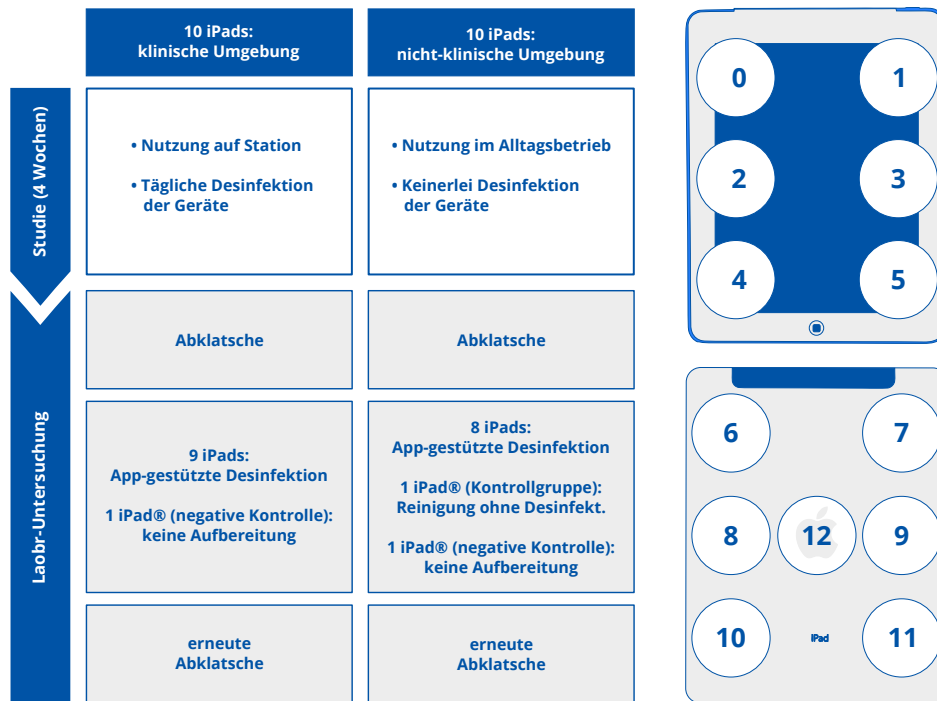


Abbildung 1.: Ablauf für das klinische und nichtklinische Setting und Positionen, an denen die Kontamination der verwendeten Geräte mittels Kontakt-Agar-Platten erfasst und im Institut für Mikrobiologie evaluiert wurde. Grafik übersetzt aus (Albrecht, von Jan, Sedlacek et al. 2013).

bei offensichtlicher Verschmutzung, eine standardisierte Desinfektion mit Isopropanoltüchern (mikrozid-AF, Schülke & Mayr GmbH) unter Anleitung durch die vorinstallierte „deBac-App“ durchzuführen. Vor Abgabe an das Personal (nach initialer Wischdesinfektion) und nach Ablauf der 4 Wochen wurde die bestehende Erregerbelastung an insgesamt 13 definierten Stellen auf der Vorder- und Rückseite (0–12) der iPads mittels Kontakt-Agar-Platten erfasst und im Institut für Mikrobiologie der MHH ausgewertet (Abb. 1). Die Positionen wurden gewählt, um einerseits die verschiedenen Materialien der Geräte, andererseits aber auch die üblichen Positionen, die während der Nutzung von Tablet-PC berührt werden, hinsichtlich ihrer Erregerbelastung bewerten zu können.

Nach Abschluss der das klinische Umfeld betreffenden Untersuchung und penibler Desinfektion wurden die iPads, wiederum für einen Zeitraum von 4 Wochen, durch Angehörige des Peter L. Reichertz Instituts für Medizinische Informatik (Standort Hannover) im täglichen Arbeitseinsatz genutzt. Das Durchführen einer Desinfektion war innerhalb des Untersuchungszeitraums nicht erlaubt, ebenso wie die Verwendung von Schutzhüllen, Folien, etc., um einen Bias zu vermeiden¹¹. Ein einzelnes Gerät wurde im nichtklinischen Umfeld lediglich einer durch die Hersteller empfohlenen Reinigung mittels eines (fabrikneuen) fusselfreien Tuches unterzogen. Vor und nach Ablauf des Zeitraums wurde die Erregerlast durch eine entsprechende Beprobung mit Kontakt-Agar-Platten evaluiert.

Da eine physiologische Besiedlung mit dem Erreger *Staphylococcus aureus* in den vorderen Bereichen der Nase vorkommt und es sich auch um mehrfachresistente Stämme handeln kann (Stenehjem und Rimland 2013), wurde im nichtklinischen Teil der Studie, also bei den Angehörigen des Peter L. Reichertz Instituts für Medizinische Informatik zusätzlich Nasenabstriche durchgeführt, um feststellen zu können, ob dies ein Faktor bei der Besiedlung der Geräte mit potenziell pathogenen Keimen sein kann.

¹¹ Entsprechende Vorrichtungen bieten oft zusätzliche Nischen, in denen sich Feuchtigkeit und Schmutz festsetzen und zu einer verstärkten, schwer zu beseitigenden Kontamination beitragen können.

2.2.4. Ergebnisse

2.2.4.1. Erregerreduktion

Bereits im allgemeinen Gebrauch kam es zu einer nicht zu vernachlässigenden Kontamination der Geräte. Insgesamt fanden sich zum Abschluss des jeweiligen Untersuchungszeitraums 1842 keimbildende Einheiten (KBE) beim Einsatz der Geräte im klinischen Setting, die in der Medizinischen Informatik eingesetzten Geräte (ohne Desinfektion) waren hingegen mit 4969 KBE belastet. Die Belastung der regelmäßig desinfizierten Geräte im klinischen Setting war somit 2,7-fach geringer als die der Geräte im anderen Studienarm (Mann-Whitney U-Test, $z = -3,402$, $P = 0,000670$). Durch einen nach Anleitung der „deBac-App“ durchgeführten standardisierten Desinfektionsvorgang mit alkoholischen Tüchern ließ sich für das klinische Setting eine durchschnittliche und signifikante Reduktion der Keimbelastung um 99,4 % (Mann-Whitney U-Test, $z = -3,1798$, $P = 0,001474$) erreichen, im nichtklinischen Bereich, bei dem die Ausgangsbelastung wesentlich höher lag, führte die abschließende Desinfektion zu einer mit 98,1 % signifikant geringeren Keimbelastung (Mann-Whitney U-Test, $z = 3,1808$, $P = 0,001469$). Die alleinige Reinigung mit einem fusselfreien Tuch reduzierte die Keimbelastung immerhin um insgesamt 51,1 % (von 427 KBE auf 231 KBE). Bemerkenswert waren jedoch die unterschiedlichen Reduktionsraten abhängig vom jeweils betrachteten Material. Während die Reduktion für die Glasoberfläche des Displays mit 98,7 % vergleichbar zur Desinfektion schien, waren die Raten für die Kunststoff- und Aluminiumbauteile der Rückseite mit lediglich 38,3 % (Aluminium) und 6,5 % (Kunststoff) deutlich geringer. Hinsichtlich einer möglichen Keimreduktion bereits durch die Probenentnahme muss angemerkt werden, dass bei der doppelt durchgeführten Beprobung der nicht-desinfizierten iPads aus beiden Studienarmen eine Reduktion von 11,4 % (klinisches Setting) sowie 22,4 % (nichtklinisches Setting) festgestellt wurde, die der initialen Probenentnahme zuzuschreiben ist.

2.2.4.2. Erregernachweis

In beiden Studienarmen gehörte der überwiegende Teil der festgestellten Mikroorganismen zur üblichen Hautflora (z.B. *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus capitis* und weitere, überwiegend grampositive Erreger). An pathogenen Erregern war *Staphylococcus aureus* (non-MRSA) am häufigsten nachzuweisen. Im Vergleich mit den im nichtklinischen Setting vorgenommenen Nasenabstrichen war festzustellen, dass zwar bei zwei Teilnehmern eine entsprechende Besiedlung festzustellen war, auf deren iPads ebenfalls *Staphylococcus aureus* nachgewiesen werden konnte; allerdings wurden die Nutzer zweier weiterer befallener iPads negativ hierauf getestet.

2.2.5. Folgerungen

Auf Basis der Ergebnisse folgerten wir:

1. Mobile Geräte werden durch Erreger (primär apathogene Hautflora) besiedelt. Primär ist von einer Transmission über die Hände auszugehen. Eine ausreichende Händehygiene des medizinischen Fachpersonals ist daher auch beim Umgang mit mobilen (Smart-) Devices essentiell.
2. Eine standardisiert durchgeführte Wischdesinfektion mobiler Geräte, die die gesamte Oberfläche berücksichtigt, führt zu einer auch für das klinische Umfeld adäquaten bakteriellen Erregerreduktion.
3. Die Reinigungsempfehlungen der Hersteller mobiler Geräte sind, sofern sie eine Verwendung von wirksamen Desinfektionsmitteln ausschließen, aus hygienischer Sicht nicht ausreichend.
4. Nutzer mobiler Geräte im klinischen Umfeld sollten für die möglichen Gefahren in Bezug auf Hygieneaspekte sensibilisiert werden. Dies bezieht sich nicht nur auf Gesundheitsfachkräfte, sondern auch auf Patienten. Gerade in Fällen, in denen multiresistente Keime festgestellt wurden, sollten die Betroffenen es vermeiden, mobile Geräte gemeinsam mit anderen zu benutzen.
5. Sollte eine adäquate Desinfektion nicht möglich sein, sollte von einer Nutzung abgesehen werden.

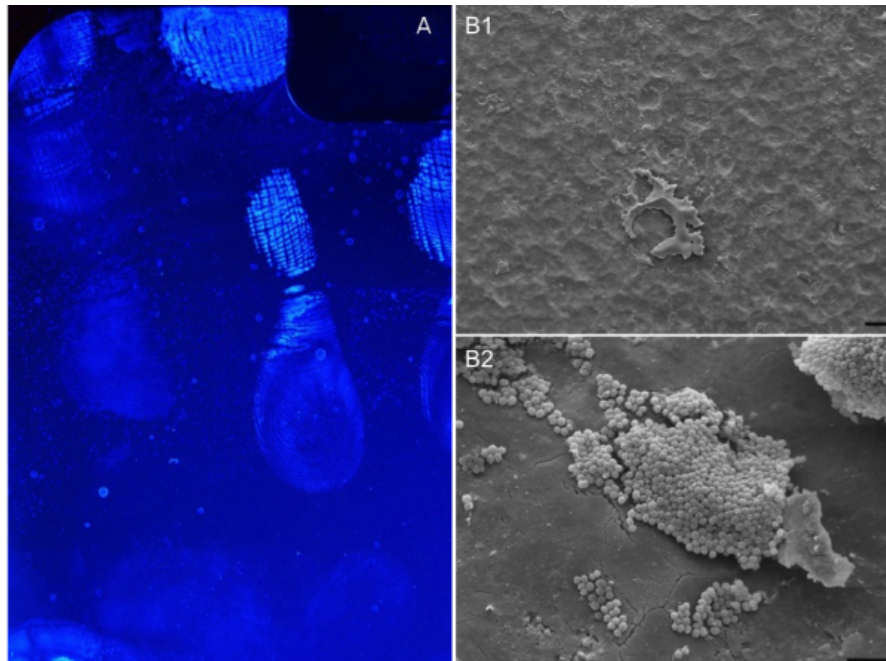


Abbildung 2.: Aluminium-Rückseite eines iPads im Fluoreszenzlicht mit darauf befindlichen Fingerabdrücken und sonstigen Verschmutzungen (A) sowie elektronenmikroskopische Aufnahmen der Aluminium-Oberfläche in zwei unterschiedlichen Vergrößerungsstufen (schwarzer Balken: B1=5µm, B2=10µm). Die Abbildung wurde aus (Albrecht, von Jan, Sedlacek et al. 2013) entnommen.

2.3. Überwindung von Sprachbarrieren im klinischen Setting



Albrecht UV, Behrends M, Schmeer R, Matthies HK und von Jan U (2013). Usage of multilingual mobile translation applications in clinical settings. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 1 (1), e4. DOI: 10.2196/mhealth.2268. PMCID: PMC4114476

2.3.1. Einleitung

Eine bestehende Sprachbarriere kann insbesondere bei gesundheitlichen Fragen Nachteile bei der Versorgung sowie gravierende und langanhaltende Folgen für die Betroffenen haben (Fiscella, Franks, Doescher und Saver 2002; Timmins 2002; Divi, Koss, Schmaltz und Loeb 2007; Ou, Chen und Hillman 2010; Phillippi 2012). Die Kommunikation zwischen Patienten und medizinischen Fachkräften ist insbesondere dann eingeschränkt, wenn sich die kulturellen und sprachlichen Hintergründe der Beteiligten unterscheiden.

2.3.2. Problemstellung

Üblicher Weise wird wenn nötig auf professionelle Übersetzer oder Personen aus dem Umfeld der Betroffenen zurückgegriffen, doch sind diese nicht immer verfügbar. Mit entsprechenden Übersetzungss-Apps ausgestattet, können Mobilgeräte hier zumindest eine Basiskommunikation zur Überbrückung ermöglichen. Die Nutzungsbarrieren entsprechender Lösungen sind nur gering. Ziel der in diesem Kontext durchgeführten Untersuchung war es, ein Stimmungsbild bezüglich des Einsatzes entsprechender Apps im klinischen Umfeld zu erfassen, insbesondere im Hinblick auf deren Akzeptanz und um zu ergründen, welche Anforderungen sich in der Praxis für diesen Einsatz ergeben bzw. wie entsprechende Technologien sich in der Versorgung verankern lassen.

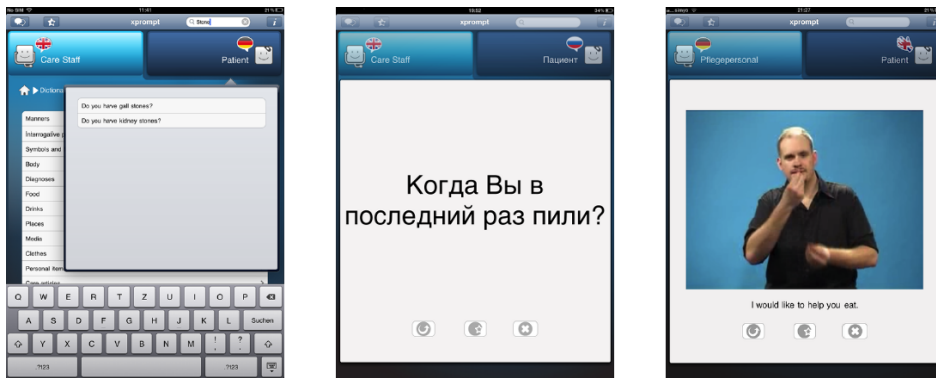


Abbildung 3.: Suche nach einer spezifischen Frage (links), Fragestellung in Russisch (Mitte), Video-Übersetzung in die britische Gebärdensprache (rechts). Entnommen aus (Albrecht, Behrends, Schmeer, Matthies und von Jan 2013).

2.3.3. Methode

Die Evaluation (Querschnittsstudie, deskriptiv, Befragungen nur nach Beendigung des Studienzeitraums) war Teil einer größeren Studie, in deren Rahmen zehn chirurgische ebenso wie nicht-chirurgische Stationen der MHH mit je einem iPad ausgestattet wurden, nachdem das dort arbeitende Pflegepersonal zuvor in die Teilnahme eingewilligt hatte. Auf den Geräten waren zur Unterstützung der Kommunikation mit fremdsprachigen Patienten eine App (Kommunikations-App) sowie weitere Referenz- und Informations-Apps vorinstalliert. Zudem wurde das Pflegepersonal aufgefordert, bei Bedarf eigene Apps zu installieren oder auch Internet-Recherchen durchzuführen. Insgesamt bekamen über den Zeitraum von 6 Wochen, über den die Geräte auf den Stationen im Einsatz waren, ca. 160 Pflegekräfte die Gelegenheit, die Geräte und die darauf installierten Apps zu nutzen. Nach Abschluss des Untersuchungszeitraums wurden die Pflegekräfte anonym befragt.

2.3.3.1. App

Die im Rahmen der Studie evaluierte Kommunikations-App ist ein kommerzielles Produkt „x-prompt“ (Hersteller: Blue Owl Software LLC, Boston, MA, USA), das für iOS-basierte Geräte bereitsteht und entwickelt wurde, um durch fehlende Sprachkenntnisse verursachte Kommunikationsbarrieren zwischen Patienten und Pflegepersonal zu verringern. Die App wurde gewählt, da sie durchgängig positive Reviews, sowohl im App-Store, als auch von professioneller Seite, erhalten hatte. Die App versucht keine direkte Übersetzung von Inhalten. Vielmehr steht eine Datenbank mit einer Vielzahl an Phrasen zur Verfügung (je 800 Phrasen, 23 Sprachen), die verschiedene pflegerische/medizinische Bereiche sowie Alltagssituationen abdecken. Die Phrasen sind über leicht zu navigierende Menüs zugreifbar. Die jeweils übersetzte Phrase wird textuell, aber auch über Sprachausgabe bzw. Video wiedergegeben. Die Sprachen für beide Parteien, also Patienten wie Pflegepersonal, lassen sich frei wählen und kombinieren (Abb. 3).

2.3.3.2. Befragung mittels Fragebogen

Nach Abschluss der Untersuchungsphase wurde ein papierbasierter Fragebogen mit insgesamt 17 Fragen angeboten. Die Fragen thematisierten die Einstellung gegenüber der Übersetzungs-App in Bezug auf die Nutzererfahrung beim Einsatz am Patientenbett und mit Kollegen und inwiefern die App als nützlich wahrgenommen wurde. Zudem wurden die Teilnehmer gebeten, zusätzliche Kommentare zur App in einem Freitext-Antwortfeld abzugeben. Das Ausfüllen der Fragebögen nahm nicht mehr als zehn Minuten in Anspruch und die Bögen waren zuvor unter Mitarbeit von vier Pflegekräften getestet worden. Für die Antwortmöglichkeiten wurden Likert-Skalen (sieben Abstufungen von „gar nicht“ bis „sehr stark“, fünf Abstufungen von „nie“ bis „sehr häufig“, sechs Abstufungen von „mehrmals am Tag“ bis „nie“ bzw. „stimme total überein“ bis „stimme überhaupt nicht zu“) genutzt.

2.3.3.3. Erfassung der Nutzererfahrung

Um zusätzliche Einsichten zu Bedienungsabläufen und der wahrgenommenen Bedienbarkeit des Systems zu bekommen, wurden 5 Pflegekräfte gebeten, sich als Teilnehmer der Studie zu offenbaren, unabhängig davon, ob sie während des ursprünglichen Untersuchungszeitraums tatsächlich mit der App gearbeitet hatten oder nicht. Diese fünf Pflegekräfte wurden gebeten, den „System Usability Scale“ (SUS) Fragebogen (entwickelt von Brooke (Brooke 1996)) auszufüllen, der ein etabliertes Werkzeug für die Testung der Gebrauchstauglichkeit darstellt und Aspekte wie Effektivität, Effizienz und Anwenderzufriedenheit überprüfen kann. Obwohl als Ergebnis nur ein einzelner Score berechnet wird, kann dieser errechnete Wert sowohl die Gebrauchstauglichkeit als auch die Erlernbarkeit der Nutzung abbilden (Borsci, Federici und Lauriola 2009; Lewis und Sauro 2009). Zur Beantwortung der Fragen standen je fünf Antwortmöglichkeiten (von „stimme total überein“ bis „stimme gar nicht überein“) zur Verfügung und basierend auf den Antworten wurde ein einfacher Score berechnet (Wertebereich: 1-100, wobei 100 für den Idealwert steht). Für den Einsatz in der Studie wurde der im Original englischsprachige Fragebogen ins Deutsche übersetzt.

2.3.4. Ergebnisse

Von den insgesamt 160 Teilnehmern beantworteten 42 den versandten Fragebogen (Rücklaufquote von 26,3 %) und insgesamt 39 beantworteten auch den die Übersetzungsanwendung betreffenden Fragenteil. Die demographische Zusammensetzung der Teilnehmer (z.B. Alter, Berufserfahrung, Geschlecht) entsprach den an der MHH bekannten Verhältnissen für das Pflegepersonal. Nahezu 90 % derer, die die Fragen zur Übersetzungsanwendung beantwortet hatten, hatten keine Vorerfahrung mit einem iPad. Generell wurden Übersetzungs-Apps als potenziell hilfreich empfunden: Auf einer 7-stufigen Likert-Skala lag der Median bei 5 (36 von 39 Teilnehmern, Interquartilabstand 2). Bezogen auf Übersetzungsanwendung war der Enthusiasmus geringer und die Antworten etwas breiter gestreut (ebenfalls 36 von 39 Teilnehmern, Median 4, Interquartilabstand 2,5), obwohl die App selbst als einfach zu nutzen empfunden wurde (36/39 Teilnehmern, Median 6, Interquartilabstand 3). Auch gab es keine wesentlichen Probleme bei der Bedienung der Geräte (36/39, Median 6, Interquartilabstand 2). Der Unterschied zwischen den Meinungen zu Übersetzungs-Apps im Allgemeinen und der Übersetzungsanwendung im Speziellen ist jedoch eher nicht durch Probleme mit der Gebrauchstauglichkeit der App bedingt. Die antwortenden Teilnehmer hielten die App für einfach zu nutzen (Median 5, Interquartilabstand 2, Skala 1 (sehr schwer) bis 7 (sehr leicht), insgesamt 36 Antworten) und es war auch kein übermäßiger Zeitaufwand nötig, um sich mit der App vertraut zu machen (Median 5,5, Interquartilabstand 2, Skala von 1 bis 7, 36 Antworten). Auch mangelnde Vertrautheit mit den eingesetzten iPads schien kein wesentlicher Faktor zu sein. 82 % derer, die hierauf geantwortet hatten (27 von 33 Teilnehmern) gaben an, dass sie in der Lage seien, die Geräte zu verwenden, wobei insgesamt 67 % sich im Stande sahen, dies ohne weitere Einführung oder Hilfestellung zu tun (22/27) und weitere 15 % (5/27) meinten, für die Nutzung bei der Arbeit das Handbuch zu Rate ziehen zu müssen.

Der überwiegende Teil der Teilnehmer, die die Frage nach der Häufigkeit der Nutzung von der Übersetzungsanwendung beantwortet hatten, gab an, die App während des Untersuchungszeitraums „selten oder nie“ genutzt zu haben (76 % oder 27 von 36 Antwortenden), obwohl das jeweils zur Verfügung stehende iPad nahezu immer zur Verfügung stand (71 % oder 27/38 Antworten), wenn es benötigt wurde. Eine schlechte Gebrauchstauglichkeit der App ist hierfür eine eher unwahrscheinliche Erklärung. Eine zusätzlich durchgeführte Usability-Bewertung mittels des SUS-Fragebogens ergab keine Hinweise in diese Richtung (Abb. 4).

2.3.5. Folgerungen

Auf Basis der Ergebnisse folgerten wir:

- Der Einsatz von mobilen Übersetzungstools kann die Kommunikation zwischen Patientinnen und Patienten und dem Pflegepersonal stützen.

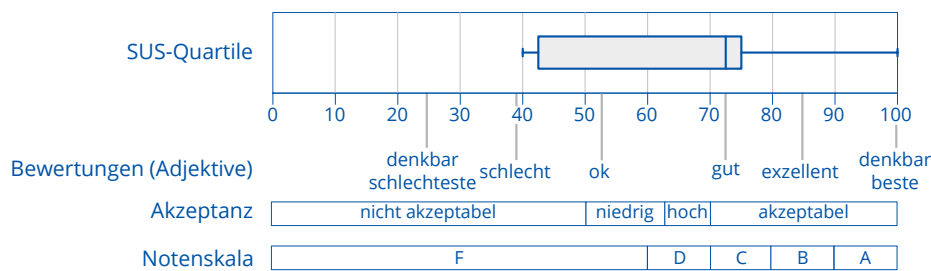


Abbildung 4.: Ergebnisse der SUS-Befragung. Der Median lag bei 72,5 (Interquartilabstand 34,5). Die teilnehmenden drei Frauen und zwei Männer arbeiteten alle als Vollzeitpflegekräfte, Altersverteilung: 18-25 Jahre: 2, 26-35 Jahre: 1, 36-45 Jahre: 1 und 46-55 Jahre: 1 Teilnehmer. Je zwei Teilnehmer hatten bis zu 5 Jahre Berufserfahrung, ein Teilnehmer wies 11-15 Jahre Berufserfahrung auf, die restlichen beiden hatten 26-30 Jahre Berufserfahrung. Die Teilnehmer hatten Sekundarstufe I (2 Teilnehmer) bzw. Sekundarstufe II (3 Teilnehmer) abgeschlossen. Nach (Albrecht, Behrends, Schmeer, Matthies und von Jan 2013).

- Der bislang erreichte Stand der Technik ermöglicht zumindest eine Nutzung zur Klärung grundlegender Bedürfnisse. Für die Nutzung in komplexeren Situationen, in denen Gefahr für das Leben oder die Gesundheit der Betroffenen besteht, sind Apps nach dem heutigen Stand der Technik kaum geeignet.
- Dies wird vom Pflegepersonal, wenn wiederum eher unter Bezug auf den allgegenwärtigen Zeitmangel, auch erkannt: In diesem Zusammenhang fand sich beispielsweise ein Kommentar, dass einfache Sachverhalte sich mit Hilfe der App klären ließen, für komplexere Fragen aber zu viel Aufwand betrieben werden müsste und das Warten auf einen professionellen Übersetzer hier zielführender sei.
- Es ist zu vermuten, dass mangelnde Zeit bzw. die Hektik des Klinikalltags, die sich auch in den Freitextkommentaren widerspiegelte, dazu geführt hatten, dass die Teilnehmer von einer Nutzung absahen.

2.4. Smart Glasses zur Fotodokumentation in der Rechtsmedizin



Albrecht UV, von Jan U, Kuebler J, Zoeller C, Lacher M, Muensterer OJ, Ettinger M, Klintschar M und Hagemeyer L (2014). Google Glass for documentation of medical findings: evaluation in forensic medicine. In: *J Med Internet Res* 16(2), e53. DOI: 10.2196/jmir.3225. PMID: PMC3936278

2.4.1. Einleitung

Smart Glasses (Datenbrillen) drängen in medizinische Anwendungsbereiche vor. Es handelt sich um Wearables, die beispielsweise direkt Information in das Gesichtsfeld des Trägers einblenden. Neuere Smart Glasses erledigen nahezu autark ihre Aufgaben, was bei Modellen der 1990er Jahren noch über die Anbindung an externe Rechner erfolgte. Die neueren Generationen integrieren miniaturisierte Sensoren, Kameramodule und eine ausreichende Rechenleistung, um beispielsweise die Verarbeitung von Sprach- oder Gestenkommandos und damit freihändige Bedienkonzepte zu ermöglichen.

2.4.2. Problemstellung

Die Interpretation schriftlicher Beschreibungen anatomischer Strukturen, Wunden oder sonstiger Befunde erfordern oftmals eine gute Vorstellungskraft und anatomische Kenntnisse. Bei Gericht können Fotos als Teil der Befunddokumentation zur Klärung rechtlicher Fragen herangezogen werden (Bankl 1998), müssen hierbei allerdings eindeutig sein und einen klaren und detailgetreuen Blick auf die gewünschten Bereiche bieten. Zudem lässt sich gerade bei Sektionen fotografisch auch der Verlauf mit etwaigen Zwischenbefunden festhalten, falls die jeweiligen Strukturen während der Präparation beeinträchtigt oder zerstört werden. Derzeit werden Befunde mit Hilfe der heute üblichen digitalen Fotografie zeitnah, auf einfache Weise und nur geringen Kosten festgehalten. Ein Nachteil konventioneller Fotografie in solchen Settings ist jedoch die



Abbildung 5.: Rechtsmediziner bei der Fotodokumentation einer Obduktion mit Google Glass (links). Die „Blink-App“ überträgt das Bild direkt auf den verwendeten Laptop, wo es z.B. durch anwesende Kriminalbeamtinnen und -beamten oder Staatsanwältinnen und Staatsanwälte betrachtet werden kann (rechts). Das Bild wurde entnommen aus (Albrecht, von Jan, Kuebler et al. 2014).

händische Bedienung der Geräte. Wurden früher häufig Fotografen mit dieser Aufgabe betraut, muss das Fotografieren heute – u.a. aus ökonomischen Beweggründen – von den anwesenden Untersuchern selbst mit übernommen werden. Dies stört jedoch die Abläufe und verursacht zusätzlichen Aufwand. Datenbrillen mit Fotooption erlauben eine freihändige Bedienung, was Abhilfe verspricht. Diese werden allerdings für den Konsumenten-Markt entwickelt und erfüllen nicht zwangsläufig die spezifischen Bedürfnisse des medizinischen Sektors. Primär stellte sich die Frage, ob sie einen medizinischen Anwendungsbereich, hier die Rechtsmedizin, bedienen können. Zu klären war neben Nutzungsaspekten (Anwenderfreundlichkeit, Effektivität, Effizienz), ob die qualitativen Anforderungen an eine Befund-Dokumentation per Foto erfüllt werden können. Wir wählten die „Rechtsmedizin“, nicht zuletzt aufgrund des Stellenwertes, den die fotografische Dokumentation von Befunden hier hat, beispielsweise im Rahmen von Leichenschauen oder Sektionen; durch die im Gerät verbaute Kamera usw. schien die vom Google-Konzern im Jahr 2012 in einer Entwicklerversion vorgestellte Datenbrille „Google Glass“ hierfür Potenzial zu haben.

2.4.3. Methode

2.4.3.1. Technik

Zur Verwendung kam eine Google Glass Explorer Edition (Android 4.0.4 XE11) mit einem ARM-basierten 1,2 GHz Dualprozessor (OMAP 4430 von Texas Instruments), einer Kamera mit 5 Megapixeln, 682MB Arbeitsspeicher sowie 16 GB Speicherkapazität (von denen 12 GB zur freien Verfügung standen). Weiterhin bot die Brille Bluetooth- und WiFi-Konnektivität (802.11 b/g) sowie Gyroskop, Accelerometer und Magnetometer zur Lage- bzw. Bewegungsbestimmung, aber auch Umgebungslightsensorik sowie einen Näherungssensor, ein Mikrofon sowie eine seitlich angebrachte berührungsempfindliche Fläche.

In der Arbeitsgruppe wurde mit den für Android üblichen Entwicklungsabläufen eine App („Blink-App“) zur Nutzung im Rahmen der rechtsmedizinischen Dokumentation entwickelt. Diese erlaubte eine freihändige Bedienung über eine Kombination aus Sprachkommandos und Gesten. Die Aufzeichnung wurde mittels eines Sprachkommandos initiiert und nach erfolgter Aufnahme mittels Kopfnicken oder -schütteln die Aufnahme, die im Display der Brille gezeigt wurde, gespeichert oder gelöscht. Ein Linux-basierter Laptop wurde als „Basisstation“ für die weiteren Versuche genutzt. Hierauf wurde ein Webserver betrieben, auf dem das Google Glass-Device direkt aus der erstellten App heraus die aufgezeichneten Bilddaten übertragen konnte. Die Verbindung zwischen Glass und Laptop gelang über den im Laptop verbauten WLAN-Adapter, der als Hotspot konfiguriert worden war. Wurde ein Bild aufgenommen, wurde es mit geringer Verzögerung (im Sekundenbereich) auf den Laptop übertragen, dort gespeichert und konnte dort Interessierten unmittelbar über eine im Web-Browser als Kompagnon für die „Blink-App“ zur Verfügung stehende Web-App angezeigt werden; es war auch möglich, bei Bedarf in die Bilder hineinzuzoomen (Abb. 5). Nach Abschluss der Untersuchungen wurden alle auf der Datenbrille befindlichen Bilddaten gelöscht.

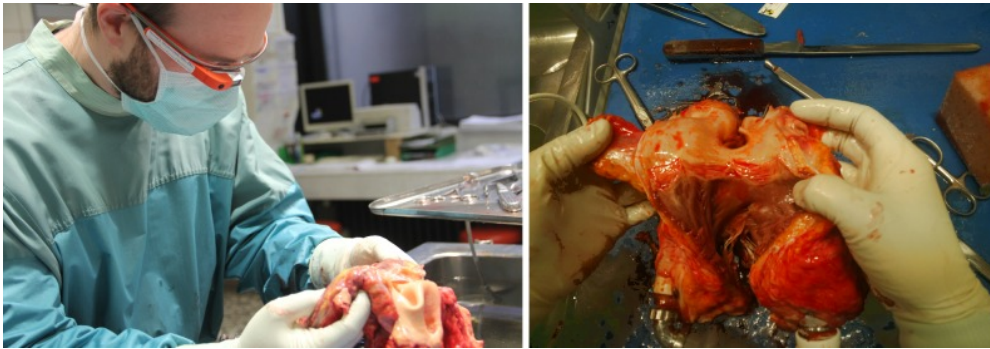


Abbildung 6.: Ein mit der Befundung beschäftigter Rechtsmediziner (links). Das mit Google Glass aufgezeichnete Bild erlaubt eine Darstellung der anatomischen Strukturen aus Sicht des Mediziners (rechts). Bilder entnommen aus (Albrecht, von Jan, Kuebler et al. 2014).

2.4.3.2. Untersuchungen im rechtsmedizinischen Setting

Die beschriebene Ausrüstung wurde für zwei unterschiedliche Untersuchungsszenarien eingesetzt: Eine (von einem verantwortlichen Rechtsmediziner) durchgeführte Obduktion (Abb. 6) sowie äußere Leichenschauen von 4 Leichnamen, die jeweils von zwei Ärzten in je zwei Durchläufen, einmal unter Verwendung von Google Glass und einmal zu Vergleichszwecken mit einer digitalen Spiegelreflexkamera, durchgeführt wurden (Abb. 7).

2.4.3.3. Subjektive Bewertung der Bildqualität

Die aufgezeichneten Bilddaten wurden im Anschluss durch 6 Ärztinnen und Ärzte mit rechtsmedizinischer Ausbildung hinsichtlich qualitätsrelevanter Aspekte bewertet. Es beteiligten sich je drei Frauen und Männer mit einem Alter zwischen 23 und 48 Jahren ($\mu=32,8$ Jahre, $\sigma=9,6$ Jahre) und einer durchschnittlichen Arbeitserfahrung von 6,2 Jahren ($\sigma=8,5$ Jahre). Die Bilder wurden getrennt nach den beiden Settings (Sektion oder Leichenschau) jeweils auf dem selben Android-Tablet präsentiert. Für die Präsentation kam eine speziell hierfür geschaffene App zum Einsatz, die zu jedem gezeigten Bild die nötigen Qualitätsaspekte abfragte. Das verwendete Tablet lief mit maximaler Display-Helligkeit und ohne automatische Anpassung der Darstellung. Die Bewertung durch die 6 Teilnehmer fand unter weitestgehend identischen Umgebungsbedingungen (insbesondere hinsichtlich der Beleuchtung) statt. Jeder Teilnehmer wurde instruiert, alle präsentierten Bilder zu bewerten. Ihnen war zu keinem Zeitpunkt bekannt, welches Gerät für welche Aufnahme genutzt wurde. Bei der Bewertung wurden die Abbildung der nötigen „Region of Interest“ (Bildausschnitt), die Bildschärfe, die realistische Farbgebung, die Belichtung bzw. die erreichte Bildhelligkeit beurteilt.

2.4.4. Ergebnisse

2.4.4.1. Bilddatenaufzeichnung

Für die Beurteilung der während der Obduktion aufgenommenen Bilder wurde eine Auswahl von 49 Bildern präsentiert, davon 32 Aufnahmen mit Google Glass aufgezeichnet. 15 Bilder wurden ausgeschlossen, da es sich dabei um Aufnahmen von Dokumenten handelte. Für die Bewertung der bei den Leichenschauen aufgezeichneten Bilddaten standen 110 Aufnahmen zur Verfügung, davon 54 mit Google Glass und weitere 56 mit der Spiegelreflexkamera aufgezeichnet. Im Schnitt wurden je Leichenschau 7 Fotografien aufgenommen. Für die mit Google Glass durchgeführten Leichenschauen wurden im Mittel 268,5 Sekunden benötigt, gegenüber lediglich 225,9 Sekunden bei Einsatz der Spiegelreflexkamera; die Differenz war statistisch signifikant (Wilcoxon-Test, $z = -2,100$, $P = 0,04$).

Tabelle 3.: Ergebnisse des ungepaarten, zweiseitigen Mann-Whitney U-Tests (Cronbach $\alpha = 0,05$) bezogen auf die Bewertungen der 6 Begutachtenden für die bei der Obduktion und sowie den Leichenschauen mittels Spiegelreflexkamera bzw. Google Glass aufgezeichneten Fotos. Entnommen aus (Albrecht, von Jan, Kuebler et al. 2014).

Aspekt	Obduktion (n = 294 Bewertungen)		Leichenschau (n = 660 Bewertungen)	
	z	P	z	P
Bildausschnitt	-5,153691	<0,001	-8390	<0,001
Bildschärfe	-7,898378	<0,001	-0,587	0,56
Farbdifferenzierung	-4,406570	<0,001	-0,011	0,59
Bildhelligkeit	-3,186663	0,001	-540	0,01

2.4.4.2. Bewertung der Bildqualität

Zur Bewertung wurde eine 5-stufige Likert-Skala vorgegeben, die für die statistische Auswertung in numerische Werte von 1 (schlechteste Bewertung) bis 5 (beste Bewertung) übersetzt wurde. Deskriptiv unterschieden sich die Bewertungen der Bilder beider Geräte hinsichtlich Farbdifferenzierung und Bildhelligkeit in beiden Settings überraschend wenig; die Bilder der Spiegelreflexkamera schienen nur geringfügig besser abzuschneiden. Auffällig war jedoch eine größere Streuung der Werte der 6 Rater bei mit Google Glass erfassten Bildern. Größere Unterschiede waren bei den Fotos der Sektion in Bezug auf die Bildschärfe zu verzeichnen. Während 68,2% der mit der Spiegelreflexkamera erfassten Bilder in Bezug auf die Schärfe „sehr gut“ bewertet wurden, waren die Bewertungen für Google Glass breiter gestreut: 34,9% wurden als „gut“ empfunden, jedoch entfielen auch je um die 20% auf die Bewertungen für „sehr gut“, „neutral“ und „schlecht“. Die bei den Leichenschauen aufgezeichneten Bilddaten wurden ähnlich bewertet, allerdings waren die Unterschiede in Bezug auf die Bildschärfe hier geringer. In beiden Settings stimmten die Beurteilenden jedoch darin überein, dass der gewünschte Bildausschnitt mit Hilfe der Spiegelreflexkamera besser getroffen worden war. Immerhin je um die 90% der mit der Spiegelreflexkamera aufgenommenen Bilder erzielten hierfür eine „sehr gute“ oder „gute“ Bewertung, während dies nur bei 61% (Leichenschau) bzw. 70% (Obduktion) der mit Google Glass aufgezeichneten Bilder der Fall war.

Aus statistischer Sicht fielen die Bewertungen der während der Obduktion mit Google Glass aufgezeichneten Bilder jedoch in Bezug auf alle vier Qualitätsaspekte signifikant schlechter als die der mit der Spiegelreflexkamera erfassten Bilddaten aus (ungepaarter, zweiseitiger Mann-Whitney U-Test, Bildausschnitt: $z = -5,154$, $P < 0,001$; Bildschärfe: $z = -7,898$, $P < 0,001$; Farbdarstellung: $z = -4,407$, $P < 0,001$, Bildhelligkeit: $z = -3,187$, $P = 0,001$; siehe auch Tabelle 3).

Die von den Beurteilenden abgegebenen Bewertungen ähnelten sich im Hinblick auf alle vier Qualitätskriterien weitgehend; die Interquartilabstände der Bewertungen waren nur gering.

2.4.4.3. Nutzererfahrung

Bei der Befragung der an der Untersuchung beteiligten Ärzte, die Google Glass bei der Obduktion und den Leichenschauen eingesetzt hatten, standen Komfortaspekte im Vordergrund. Das Gerät wurde als ein leicht zu nutzendes und für die jeweiligen Settings geeignetes Hilfsmittel empfunden. Bemängelt wurde jedoch die fehlende Zoomfunktion, die dazu führte, dass es teils körperlich anstrengend war, Aufnahmen des gewünschten Bildausschnitts zu erzielen, da hierzu der Kopf in eine entsprechende Position gebracht werden musste. Zusätzlich zu den untersuchten Dokumentationszwecken ließ sich im Verlauf der Studie zufällig ein weiterer möglicher Einsatzzweck feststellen. Während der Obduktion waren Medizinstudierende anwesend, die von den auf dem Bildschirm des verwendeten Laptops angezeigten Bildern fasziniert waren. Glass und ähnliche Ansätze können hier neue Möglichkeiten für die Lehre bzw. Aus- und Weiterbildung eröffnen: Der Platz und

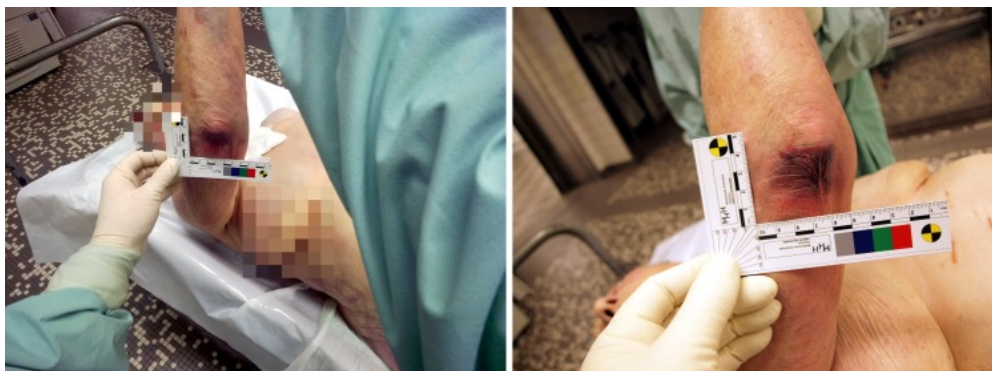


Abbildung 7.: Während einer Leichenschau aufgezeichnete Bilde im Vergleich. Links: Google Glass. Rechts: Spiegelreflexkamera. Abbildung entnommen aus (Albrecht, von Jan, Kuebler et al. 2014).

somit die mögliche Anzahl anwesender Personen während einer Obduktion ist begrenzt; mit unserem Studiendesign ließen sich jedoch auf einfache Weise Bilddaten direkt aus der Perspektive des Untersuchers generieren. Diese hätten (potenziell) auch dazu dienen können, größere Gruppen, z.B. im Rahmen einer Vorlesung, an dem Geschehen teilhaben zu lassen. Auch für andere Fachdisziplinen, z.B. Kardiologie bzw. chirurgische Fächer (Vallurupalli, Paydak, Agarwal, Agrawal und Assad-Kottner 2013), könnte dies hilfreich sein.

2.4.5. Folgerungen

Auf Basis der Ergebnisse folgerten wir:

- Trotz der insgesamt schlechteren Bildqualität der mit Google Glass aufgenommenen Fotos hat sich Google Glass als ein für den getesteten Einsatzbereich adäquates und komfortabel zu nutzendes Hilfsmittel herausgestellt.
- Aufgrund der unklarer Darstellung bzw. mangelnden Informationen zur möglichen Datenweitergabe sowie Online-Speicherung der verwendeten Google Glass Explorer Edition musste bei der Umsetzung besonderer Aufwand betrieben werden. Eine Datenübermittlung bzw. -weitergabe an Dritte ist besonders in sensiblen medizinischen Bereichen nicht akzeptabel. Gleiches gilt auch bei berechtigter Übertragung, falls die gebotenen Schutzmaßnahmen (verschlüsselte Übertragung und Speicherung) nicht eingehalten werden.
- Für Lehrzwecke können sich interessante Möglichkeiten ergeben, die Studierenden direkt am Geschehen teilhaben zu lassen, wenn sichergestellt ist, dass die Persönlichkeitsrechte der Patientinnen und Patienten zu allen Zeiten gewahrt sind. Dies hängt jedoch neben organisatorischen Faktoren auch von der hierfür eingesetzten Datenbrille und der Steuerbarkeit der von ihr ausgehenden Datenströme ab.

2.5. Lernen mit mobiler Augmented Reality



Albrecht UV, Folta-Schoofs K, Behrends M und von Jan U (2013). Effects of mobile augmented reality learning compared to textbook learning on medical students: randomized controlled pilot study. In: *J Med Internet Res* 15(8), e182. DOI: 10.2196/jmir.2497. PMID: PMC3758026

2.5.1. Einleitung

Mobile Technologien bieten in der Medizin nicht nur dann Unterstützung, wenn es um die Gesundheit bzw. medizinische Belange im eigentlichen Sinne geht. Ihr Nutzen kann bereits bei der Aufklärung (als Teil der Prävention), aber auch der Aus- und Weiterbildung medizinischen Fachpersonals beginnen. Hier ergeben sich Schnittstellen zu einem weiteren Schwerpunkt des Peter L. Reichertz Instituts für Medizinische Informatik,

dem Bereich eLearning, der ebenfalls am Standort Hannover vertreten ist. Von Interesse ist hier insbesondere, welche Potenziale mobilgestützte Lernformen im Bereich Aus- und Weiterbildung haben und ob sie evtl. gar eine Verbesserung gegenüber konventionellen Lernformen bieten können. In einem Pilotprojekt sollte genau dies am Beispiel einer Augmented Reality-basierten mobilen Lernumgebung initial überprüft werden. Hierzu wurde in der Arbeitsgruppe PLRI MedAppLab die App „mARble – mobile Augmented Reality blended learning environment“ entworfen und umgesetzt (Albrecht, von Jan, Krückeberg, Behrends und Matthies 2011; Albrecht, Behrends, Matthies und von Jan 2012; von Jan, Noll, Behrends und Albrecht 2012; Albrecht, Noll und von Jan 2013; Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013).

2.5.2. Problemstellung

Weder Diagnostik noch die Behandlung dürfen während des „Bedside Teachings“ beeinträchtigt werden, noch darf in anderer Weise ein Schaden zu Lasten des Patienten verursacht werden, z.B. seine Persönlichkeitsrechte betreffend. Bei Verzicht auf die Lehre am Krankenbett in ethisch schwierigen Situationen würde allerdings die Qualität der Ausbildung leiden. Die Umsetzung theoretischen Wissens würde praktisch nicht geübt und ein wesentlicher Kanal des Lernens nicht bedient werden. Einen Ausweg können hier Lehrmodule bieten, die unter Einbeziehung von Augmented Reality (AR) versuchen, realitätsnahe und interaktive Lernsituationen zu schaffen, ohne ein Lernen in ethisch bedenklichen Situationen zu forcieren. Im Rahmen der hier vorgestellten Vorstudie sollte untersucht werden, ob der Einsatz einer mobilen Augmented Reality-Lösung – bezogen auf einen Vergleich mit konventionellen Lernmaterialien – erfolgversprechend ist. Zudem ist es denkbar, dass das Lernen mit (mobiler) AR Emotionen und letztlich auch kognitive Effekte auslöst, u.a. durch die darüber erreichbare Realitätsnähe kombiniert mit der über AR möglichen sehr persönlichen Lernerfahrung. Nach Edelman (Edelman 2000) können Emotionen Lernprozesse beeinflussen. Abhängig vom Erfolg oder Misserfolg des Lernens kann dies wiederum einen Effekt auf das subjektive Wohlbefinden des Lernenden haben (Götz, Zirngibl, Pekrun und Hall 2003). Allgemein, unabhängig davon ob es sich um individuelles Lernen oder das Lernen in Gemeinschaft mit anderen handelt, können Emotionen als einer der Schlüsselfaktoren des erfolgreichen Lernens angesehen werden. Es sollte daher im Rahmen der Studie auch festgestellt werden, ob das Lernen mit mobiler AR, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Lernmaterialien, Emotionen auslöst, die evtl. einen Einfluss auf den Lernerfolg haben können. Im Rahmen der Studie wurden Inhalte aus dem Themenbereich Rechtsmedizin eingesetzt.

2.5.3. Methode

2.5.3.1. Teilnehmer

Zehn Medizin-Studierende der Medizinischen Hochschule Hannover im dritten Studienjahr (4 weiblich, 6 männlich; Durchschnittsalter: 23,7 Jahre, Standardabweichung 2 Jahre) wurden eingeschlossen, nachdem sie der Teilnahme zugestimmt hatten. Die Teilnehmenden hatten zuvor noch keine Lehrveranstaltungen der Rechtsmedizin durchlaufen.

2.5.3.2. Verwendete Lernmaterialien

Konventionelle Lerninhalte: Lehrbuch

Das im Rahmen der Studie verwendete Lehrbuchmaterial entstammte einem Lehrbuch (Madea 2006), das etwa je zur Hälfte aus Text und sonstigem Material (Abbildungen, Tabellen, Schemata) in Farbe wie auch schwarz-weiß besteht. Zudem stellt es jeweils auch Kurz-Zusammenfassungen der behandelten Inhalte bereit.

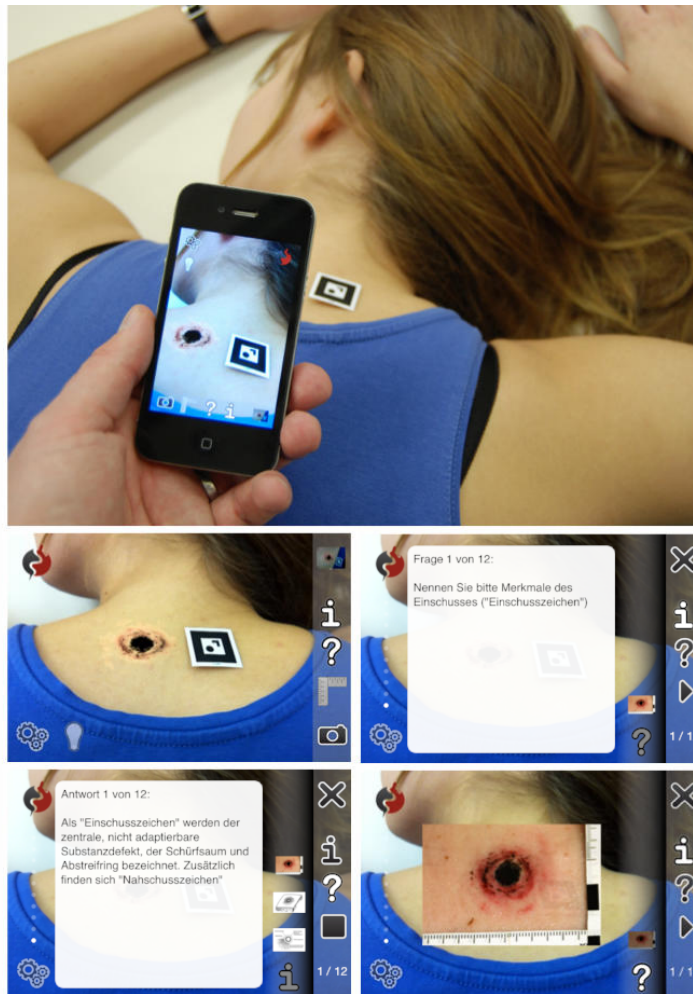


Abbildung 8.: Die mobile Lernumgebung „mARble“ mit dem Lernmodul „Rechtsmedizin“. AR-Simulation einer Schussverletzung und Darstellung einiger zugehöriger Lernkarten und multimedialer Inhalte. Entnommen und übersetzt aus (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013).

Die App „mARble“

„mARble“ ist eine iOS-basierte Mobilapplikation, die in der Arbeitsgruppe entwickelt wurde. Mittels AR kann die Applikation in über die Kamera des verwendeten Smartphones aufgenommenen Bildern Objekte der realen Welt mit zusätzlichen Informationen annotieren, z.B. durch das Einblenden virtueller Strukturen bzw. Objekte in der Anwendersicht. Dem Anwender wird somit eine zusätzliche Informationsebene eröffnet. Zum Aufruf dieser zusätzlichen Informationen werden sogenannte Marker genutzt (papierbasiert, siehe Abb. 8 oben und Mitte links), die der Anwender z.B. auf seiner eigenen Haut oder der eines Anderen platzieren kann. In der App stehen unterschiedliche Marker auch für unterschiedliche Befundmuster, die sich so aufrufen lassen (Albrecht, von Jan, Krückeberg, Behrends und Matthies 2011). Die Überblendungen passen sich dabei nahezu in Echtzeit den Bewegungen des Smartphones bzw. des Markers an. Enthalten ist zudem ein Lernkartensystem, das zu den jeweiligen Befundmustern Karten mit Fragen und zugehörigen Antworten bereithält. Diese Lernkarten können neben textuellen Informationen auch Bilder sowie Audio- und Videoinhalte enthalten. Zusätzlich können Lernende in „mARble“ zur Dokumentation des Lernprozesses Bilder der überlagerten Lerninhalte in einer persönlichen Galerie speichern und diese wieder aufrufen. Die im Rahmen der Studie in „mARble“ integrierten Lerninhalte basierten auf dem für das Lernen per Lehrbuch verwendeten Kapitel aus (Madea 2006) über Schussverletzungen. Da in „mARble“ der eigentliche Programmcode und die Inhalte voneinander getrennt verwaltet werden und für die Inhalte ein einfaches XML-basiertes Format verwendet wird, ließen sich die Inhalte leicht anpassen.

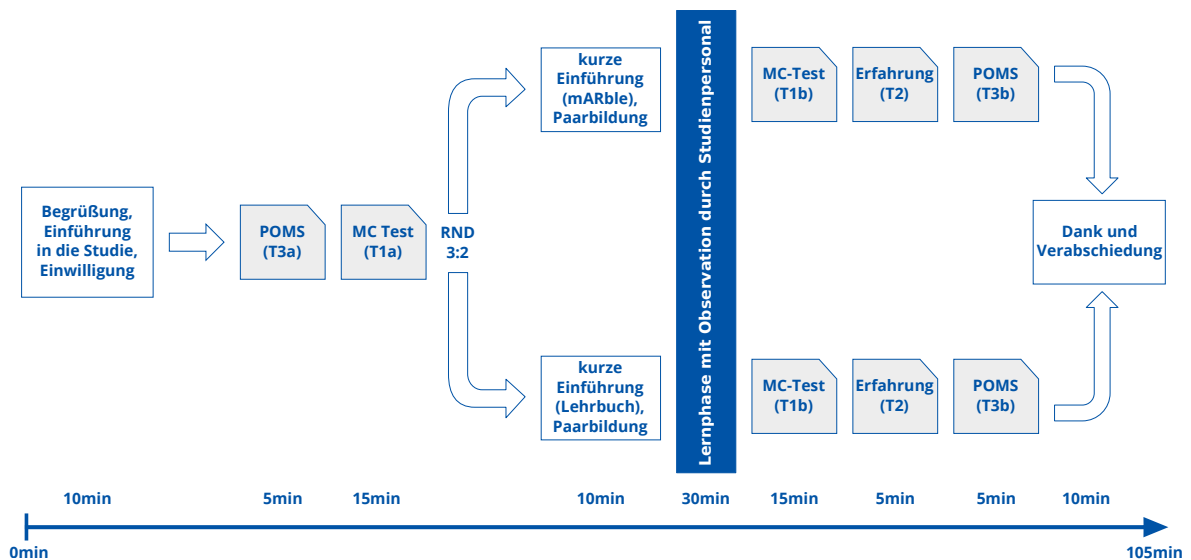


Abbildung 9.: Zeitlicher Ablauf der angewendeten Testverfahren und der Lerneinheit. Die Beschriftungen der einzelnen Blöcke (T1a/b, T2 und T3a/b) sind jeweils auch im Text referenziert. Grafik übersetzt aus (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013).

2.5.3.3. Ablauf

Die Studie fand in mehreren Teilschritten statt (Abb. 9). Um zunächst den emotionalen Status zu erfassen, wurden in einem ersten Schritt (T3a) alle Studierenden gebeten, einen „Profile of Mood States“-Fragebogen (POMS, in deutscher Fassung) auszufüllen (McNair, Lorr und Droppleman 1971; Biehl, Dangel und Reiser 1981; Albani et al. 2005). In einem weiteren Schritt wurde das Basiswissen der Studierenden zum Themengebiet mit einem aus 10 Fragen bestehenden Multiple Choice-Test erfasst, der innerhalb von 15 Minuten abgeschlossen werden sollte (T1a). Anschließend wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer randomisiert auf zwei Lerngruppen aufgeteilt: Gruppe A (Augmented Reality), bestehend aus 6 Studierenden, lernte mit „mARble“, Gruppe B (konventionelles Lernsetting) waren insgesamt 4 Studierende zugeordnet, die mit Hilfe des bereits erwähnten Lehrbuchkapitels lernen sollten. Jede Gruppe wurde in einen separaten Raum geführt.

Gruppe B wurde instruiert, mit dem Lehrbuchmaterial zu lernen. Die Teilnehmer durften sich dabei Notizen machen sowie Markierungen im ausgeteilten Lernmaterial vornehmen. Zudem war während der Lernphase der freie Austausch untereinander gestattet. Gruppe A wurde zunächst kurz in die Bedienung der App eingewiesen und in drei Paare unterteilt. Jede Teilgruppe erhielt ein iPhone und Marker, über die die in der App vorhandenen Lerninhalte zum Themenbereich „Schussverletzungen“ aufgerufen werden konnten. Die einzelnen Teilgruppen wurden in verschiedenen Ecken des Raums platziert und gebeten, jeweils interaktiv mit ihren Partnern zu lernen. Für beide Lerngruppen waren 30 Minuten zum Lernen angesetzt. Während der Lernphase waren in beiden Räumen Mitglieder des Studienpersonals anwesend, um das Lernverhalten zu beobachten (Observation). Im Anschluss an die Lernphase mussten beide Gruppen erneut den Multiple Choice-Test (T1b) durchlaufen (15 Minuten). Zudem wurden sie gebeten, einen zusätzlichen Fragebogen zu ihrer Lernerfahrung (T2) auszufüllen und abschließend noch einmal über den schon anfänglich verwendeten POMS-Fragebogen Auskunft über ihren emotionalen Status zu geben.

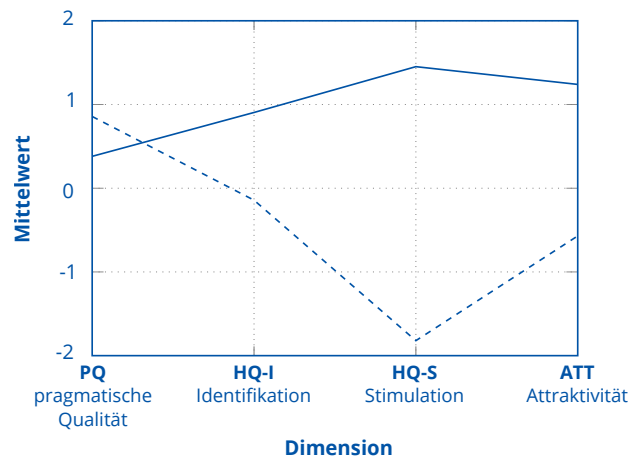


Abbildung 10.: Durchschnittswerte für die pragmatische Qualität (PQ), die hedonischen Qualitäten Identifikation (HQ-I) und Stimulation (HQ-S) sowie Attraktivität (ATT) für beide Lerngruppen. Durchgezogene Linie: „mARble“, gestrichelte Linie: Lehrbuch. Entnommen und übersetzt aus (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013).

2.5.4. Ergebnisse

2.5.4.1. Lernerfolg: Multiple Choice-Test (T1a und T1b)

Verglichen mit den Ergebnissen des am Anfang durchgeführten Multiple Choice-Tests verbesserten sich beide Gruppen. Der Lernerfolg für die „mARble“-Gruppe war etwas höher (im Schnitt eine Verbesserung von 4,7 korrekten Antworten, Standardabweichung 2,9) als der Erfolg derer, die mit dem Lehrbuch-Material gelernt hatten (durchschnittliche Verbesserung um 3 korrekte Antworten, kleinere Standardabweichung von 1,5). Dieser Unterschied war statistisch signifikant (Wilcoxon, $z = 2,232$, $P = 0,03$).

2.5.4.2. Bewertung der Lernerfahrung: Attrakdiff2-Fragebogen (T2)

Für die Bewertung der Lernerfahrung kam der Attrakdiff2-Fragebogen nach Hassenzahl et al. (Hassenzahl, Burmester und Koller 2003a; Hassenzahl 2004; Hassenzahl, Burmester und Koller 2008) zum Einsatz, der dazu dienen kann, die wahrgenommenen pragmatischen und hedonischen Qualitäten von Produkten zu bewerten und hierüber deren Attraktivität abzubilden. Abb. 10 zeigt das Profil der beiden Gruppen hinsichtlich der über den Attrakdiff2-Fragebogen erfassten Faktoren. Es ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen bezogen auf die hedonischen Qualitäten Stimulation (HQ-S, Mann-Whitney U, $z = 6,506$, $P < 0,001$), Identifikation (HQ-I, Mann-Whitney U, $z = 2,825$, $P = 0,005$) und Attraktivität (ATT, Mann-Whitney U, $z = 5,179$, $P < 0,001$). „mARble“ erhielt insgesamt positivere Bewertungen. Hinsichtlich der pragmatischen Qualität lagen die Bewertungen der Lehrbuch-Gruppe zwar vor denen der mARble-Gruppe, dies war jedoch nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney U, $z = 1,616$, $P = 0,11$).

2.5.4.3. Emotionaler Status: POMS (Profile of Mood States, T3a und T3b)

Zum Erfassen des emotionalen Zustands der Studierenden wurde jeweils der Profile of Mood States-Fragebogen in seiner deutschen Kurzfassung verwendet (McNair, Lorr und Droppleman 1971; Biehl, Dangel und Reiser 1981; Albani et al. 2005). Der Fragebogen setzt sich aus 35 Items (Adjektiven) zusammen, die in vier Gruppen unterteilt sind und ein Stimmungsbild erfassen können: Niedergeschlagenheit/Angst (14 Items), Müdigkeit (7 Items), Tatendrang (7 Items), und Missmut (7 Items). Die Beantwortung erfolgt jeweils auf einer Skala von 1 (überhaupt nicht) bis 7 (sehr stark). Die Berechnung der Skalenwerte für die vier Gruppen erfolgt als Summe der Itemwerte. Die Ergebnisse für beide Lerngruppen sind in Abb. 11 gezeigt.

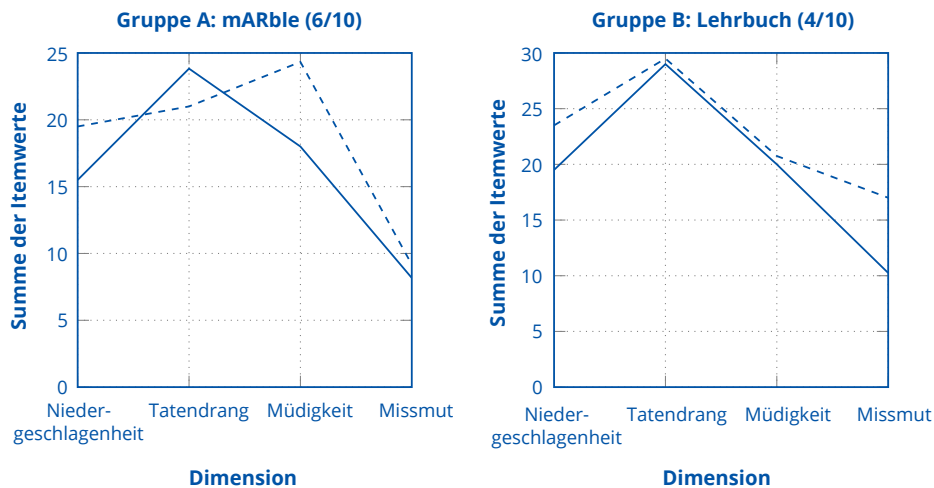


Abbildung 11.: Lernerfahrung: Werte beider Gruppen zu Anfang (gestrichelte Linie) gegenüber den Werten zum Ende (durchgezogene Linie). Aufgetragen sind jeweils die Werte für Niedergeschlagenheit (numbness), Tatendrang (vigor), Müdigkeit (fatigue) und Missmut (irritability). Entnommen und übersetzt aus (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013).

Der Vergleich zwischen den Prä- und Post-Test-Werten zeigt eine statistisch signifikante Abnahme der Müdigkeit ($z = 2,214, P = 0,03$) und Niedergeschlagenheit ($z = 2,07, P = 0,04$) für die „mARble“-Gruppe. Der Tatendrang dieser Gruppe nahm geringfügig zu, die Veränderung in Bezug auf Missmut war nicht signifikant ($z = 1,166, P = 0,24$). Für die Lehrbuch-Gruppe waren keine signifikanten Änderungen der Werte festzustellen.

2.5.5. Beobachtung der Lernphase (Observation)

2.5.5.1. Gruppe A: „mARble“

Das Verhalten der Teilnehmer war heterogen. Die 6 Teilnehmer waren in drei Lernpaare unterteilt worden (1. Gruppe: nur weibliche Teilnehmer, 2. Gruppe nur männliche Teilnehmer, 3. Gruppe gemischt). Nach einer kurzen Explorationsphase lernten alle Teilnehmer interaktiv und unter Verwendung der Marker und der App mit ihren Partnern. Auffällig war, dass beide gleichgeschlechtliche Gruppen hierbei die Marker auf den eigenen Körpern und denen der Lernpartner platzierten, während die gemischte Gruppe davon absah und die Marker nur auf dem Tisch liegend anwendete.

2.5.5.2. Gruppe B: Lehrbuch

Die aus 4 Mitgliedern bestehende Gruppe B war ebenfalls in zwei Lernpaare unterteilt (1. Gruppe: nur männliche Teilnehmer, 2. Gruppe: gemischt). Obwohl der Austausch der Teilnehmer in der Lernphase erwünscht war, fand dieser praktisch nicht statt und es wurde konzentriert gelernt. Lediglich gegen Ende der Lernphase fand ein kurzer Austausch, der sich aber nicht auf die Lerninhalte bezog, statt.

2.5.6. Folgerungen

Zusammenfassend ließ sich feststellen:

1. Der Einsatz mobiler Geräte beim Lernen und Unterrichten hat das Potenzial, die Lernerfahrung entscheidend zu verändern. Dies gilt insbesondere dann, wenn Augmented Reality-Anteile ins Spiel kommen (Dede 2009; Dede und Barab 2009) und konnte durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt werden: Obwohl bei beiden Lernmethoden eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse des MC-Tests zu verzeichnen war, schnitt die „mARble“-Gruppe im direkten Vergleich besser ab.

2. Das Lernen mit Augmented Reality scheint im Vergleich zum Lehrbuch-gestützten Lernen attraktiver. Das Lernen mit „mARble“ wurde als selbstorganisiert, stimulierend und identifizierend wahrgenommen. Die Potenziale, die mobile Augmented Reality bietet, sollten in der Planung und Umsetzung zukünftiger Lehr- und Weiterbildungsmodule genutzt werden, sofern die Inhalte sich geeignet aufbereiten lassen. Für eine abschließende Bewertung entsprechender Konzepte sind jedoch noch umfangreichere und längerfristig angelegte begleitende Evaluationen vonnöten.
3. In keinem der beiden Lernsettings kam es zu psychischen Irritationen. Emotional konnte jedoch für „mARble“ im Vergleich zum Lehrbuch-basierten Lernen ein signifikanter Effekt gezeigt werden. „Niedergeschlagenheit“ und „Müdigkeit“ nahmen deutlich ab. Die Werte für die Kontrollgruppe änderten sich hingegen nicht signifikant. Inwiefern sich die Ergebnisse dieser ersten Machbarkeitsuntersuchung auch für andere Lerninhalte und -Settings bestätigen lassen, muss ebenfalls Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Diskussion: mHealth – smart, evident, sicher?

Eine fehlende Evidenzbasis führt zu Verzerrungen in der Wahrnehmung von Chancen und Risiken einer jungen Technologie. Aufgrund fehlenden Wissens werden oftmals Hoffnungen und Erwartungen in sie gesteckt, die bestenfalls von Expertenmeinungen und Fallberichten gestützt werden. Vielmehr greift allerdings die Industrie die Hoffnungen auf und nutzt sie zur Vermarktung von Instrumenten, die die Euphorie weiter beflügelt. Ohne Evidenz kann es zu systematischen Über- oder Unterschätzungen von Nutzen und Risiken kommen. Die Auslegung erfolgt in der Regel getrieben durch die Interessen der einzelnen Stakeholder. Im Falle von mHealth sind dies neben der Industrie, die Politik, das medizinische Fachpersonal, die Patienten und Bürger ebenso wie Entwickler und Anbieter. Kernherausforderung in diesen Zeiten der Aufbruchstimmung ist die objektive und gleichzeitig der jungen Technologie gegenüber faire Risiko-Nutzen-Abwägung. Dieser aufwändigen Aufgabe muss sich gestellt werden, wenn es nicht zu vorschnellen Entscheidungen gegen die Technologie kommen soll. Anderenfalls könnte es leicht passieren, dass die Technologie aus Sorge vor ihren vermeintlichen Gefahren oder einer Enttäuschung übertriebener Erwartungen abgelehnt wird (Albrecht 2016d). Bedauerlicherweise liegen nur wenige Arbeiten vor, die sich mehrdimensional mit der Bewertung der positiven wie negativen Potenziale des Einsatzes mobiler Technologien allgemein und in der Forschung auseinandersetzen (Albrecht, von Jan, Pramann und Fangerau 2016). Die Technologie wird allerdings in Bereichen mit zahlreichen Schnittstellen, wie beispielsweise der medizinischen Versorgung, Pflege, Technik, Ethik, Recht eingesetzt, so dass singuläre Betrachtungen für die praktische Implementierung wenig hilfreich sind. Zukünftig werden vor dem Hintergrund der sich ständig steigernden technischen Möglichkeiten noch diverse Anpassungen notwendig werden, um das nötige Gleichgewicht zwischen technischen Neuerungen auf der einen Seite und ihrem wissenschaftlich korrekten und ethischen Einsatz auf der anderen Seite auch im Bereich der Forschung zu gewährleisten. Gerade aus dieser Notwendigkeit heraus müssen Studienkonzepte entwickelt werden, die geeignet sind, Nutzen und Risiken zu erfassen. Das bezieht sich sowohl auf die App-gestützten Versorgungsmodelle, als auch auf die Apps selbst, aber auch auf die Analyse der Rahmenbedingungen, der aktuellen Nutzungssituation ebenso wie Bedarfe und Erwartungen. Unsere Forschung ist darauf ausgelegt, im breiten, interdisziplinären Ansatz Evidenz anzubieten und darauf eine Abwägung des Nutzens und der Risiken anzustoßen.

Die in den folgenden Abschnitten geführte Diskussion will zunächst am Beispiel der klinischen Versorgung Nutzung, Bedarfe und Bedenken aufzeigen und anhand der vier Forschungsvorhaben zu Hygiene, Kommunikation, Dokumentation und Lehre unter Berücksichtigung von Stärken, Schwächen und Risiken der Applikationen diskutieren. Anschließend werden Anforderungen für Forschungsvorhaben an und mit Apps unter ihren versorgungsbezogenen, ethischen und rechtlichen Aspekten diskutiert und Qualitätsanforderungen an solche Applikationen synthetisiert. Ziel ist es ferner, nicht nur die Bedeutung der Generierung von Evidenz für zukünftige Planungen und Entscheidungen in wirtschaftlicher und gesundheitspolitischer Hinsicht, sondern auch die Sensibilität für die vielfältigen Aspekte zur Generierung zu schaffen und erste Hilfestellung für smarte, evidente und sichere mHealth-Anwendungen zu geben.

3.1. mHealth – Bestandsaufnahme zu Nutzung und Risiken in der Klinik

Es gibt derzeit nur wenige belastbare nationale Daten dazu, wie unterschiedliche Nutzergruppen mobile Gesundheitstechnologien einsetzen, einschätzen und welche Anforderungen sie an diese Technologie stellen. Verfügbare wissenschaftliche Erkenntnisse beziehen sich meist auf den internationalen Kontext (Davies, Kotadia, Mughal, Hannan und Alqarni 2015). Diese unterscheiden sich je nach Gesundheitssystem und Land

zum Teil deutlich hinsichtlich ihrer Organisationsformen sowie wirtschaftlicher Aspekte oder Versorgungskonzepte, aber auch in Bezug auf den Zugang verschiedener Bevölkerungsgruppen zu Gesundheitsleistungen (Squires 2011; Marmor und Wendt 2012; Mansfeld et al. 2015). Gleiches gilt für die Haltung (potenzieller) Anwenderinnen und Anwender gegenüber neuen Technologien und ihren Nutzungsmustern (Mathur und Kawsar 2016). Zudem werden oft lediglich einzelne, eng gefasste Anwendergruppen (Dünnebeil, Sunyaev, Blohm, Leimeister und Krcmar 2012; Dempster, Risk, Clark und Meddings 2014; VonHoltz et al. 2015) einbezogen. Aufgrund der fraglichen Vergleichbarkeit entsprechender Studien führten wir im klinischen (Illiger, Hupka, von Jan, Wichelhaus und Albrecht 2014), wie ambulanten Setting (Albrecht, im Druck) Befragungen durch, um den Einsatz, Meinungen, Wünsche und Befürchtungen der Anwender zu gesundheitsbezogenen Apps zu erfahren.

Die Ergebnisse bezüglich des konkreten Einsatzes von Gesundheits-Apps im professionellen Bereich, wie auf Patientenseite, belegen zumindest in unseren Stichproben noch eine zögerliche Anwendung der Technologie im klinischen Kontext. Gerade einmal 37,9 % (78/208) der Ärztinnen und Ärzte gaben an, dass sie ihr Smartphone oder Tablet für medizinische Zwecke einsetzen und immerhin 48,2 % (53/110) der befragten Patientinnen und Patienten gaben eine gesundheitsbezogene Nutzung zu. Doch nur 51,6 % (110/213) der letztgenannten Gruppe besaß überhaupt ein Smartphone oder Tablet-PC (während 80,6 % der Ärzte zumindest ein solches Gerät ihr eigen nannten). Der Nutzungswille ist gegeben, doch gibt es andere Hürden, die der Anwendung entgegen stehen. Aus den Erhebungen lernten wir, dass soziodemographische Faktoren einen Einfluss auf die Nutzung von mHealth-Technologien, ebenso wie auf die Nutzung mobiler Technologien im Alltag im Allgemeinen haben, wie es auch in anderen Studien im EU-Kontext bestätigt wurde (Fortunati und Taipale 2014). Bei den Patientinnen und Patienten sank die Nutzungsrate mit höherem Alter und geringerem Bildungsstand. Die in den Daten erkennbare Präferenz für iOS-basierte Mobilgeräte auf ärztlicher Seite könnte u.a. als ein Indikator für das Einkommen gewertet werden (steigende Nutzungsraten gehen u.a. mit höherem Einkommen einher, siehe Travis 2013). Ein höheres Einkommen ist zudem mit gesundheitsbewussterem Verhalten assoziiert, was bzgl. der Nutzung zu gesundheitsbezogenen Zwecken auch bei den Patientinnen und Patienten ein Faktor sein mag. Insgesamt lieferten die Ergebnisse bzgl. der Nutzung mobiler Technologien somit weitere Indizien für die in der Literatur beschriebene digitale Kluft („digital divide“) (Sarkar et al. 2011; Neter und Brainin 2012; Becker, Stefan et al. 2013; Bender et al. 2014), die zur geringeren Utilisation der geringer gebildeten mit niedrigeren Einkommen beiträgt. Aus den Daten ließ sich zudem eine mangelnde Vertrautheit mit der Technik bei den Patientinnen und Patienten ablesen, die selbst noch keine mobilen Geräte verwendeten. Von der Vertrautheit hängt allerdings die Akzeptanz mobiler Technologien im Gesundheitskontext ab (Davies, Kotadia, Mughal, Hannan und Alqarni 2015). Die wünschenswerte Steigerung der Nutzungsrate setzt voraus, dass gleichfalls das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten im Umgang mit der Technologie steigt. Dies könnte u.a. durch Bildungsangebote und Aufklärungsmaßnahmen bzgl. der Chancen und Risiken der Technologien sowie existierender Qualitätsinitiativen und -maßnahmen (Hillebrand, von Jan und Albrecht 2016) für die verschiedenen Nutzergruppen erreicht werden. Insbesondere im professionellen Umfeld kann Akzeptanz durch angemessene Regulierungsmaßnahmen (Gehring, Pramann, Imhoff und Albrecht 2014; Davies, Kotadia, Mughal, Hannan und Alqarni 2015) und deren Durchsetzung gefördert werden. Neben Peer Review und Qualitätssicherungsmaßnahmen gab z.B. knapp die Hälfte der von Dempster et al. (Dempster, Risk, Clark und Meddings 2014) befragten Ärztinnen und Ärzte an, dass sie diese Maßnahmen als vertrauensbildend einschätzten.

Die Ärztinnen und Ärzte sahen im mangelnden Datenschutz primäre Adoptionsbarrieren für die Technologie, was von anderen Arbeitsgruppen bestätigt wurde (Davies, Alysha, Hassan, Ashraf und Hamdan 2015). Zwar hatten in unserer Befragung nur relativ wenige Patienten Bedenken hinsichtlich der Speicherung medizinischer Daten auf den mobilen Geräten ihrer Ärztinnen oder Ärzte (22,3 %, 45/202). Tatsächlich nutzten hingegen nur 5 % (10/206) der befragten klinisch Tätigen ihre Geräte für diesen Zweck. Werden jedoch Datenschutzbedenken im Kontext der gesundheitsbezogenen Nutzung von Apps und Geräten insgesamt betrachtet, wird klar, dass auf beiden Seiten dennoch Viele ein Bewusstsein für die möglichen Probleme in diesem Bereich haben: Über die Hälfte der Patientinnen und Patienten (53,1 %, 113/213) und 62,6 % (129/206) des ärztlichen Personals zeigten sich hier besorgt. Auch die Glaubwürdigkeit der von Apps bereitgestellten Inhalte wurde von 32,5 % (67/206) der befragten Ärztinnen und Ärzte (und einem nicht unerheblichen Teil der

Patienten) hinterfragt. Datenschutz- und Datensicherheitsbedenken und die Sorge, dass mobile Lösungen diese Aspekte nicht ausreichend berücksichtigen, tragen sicherlich zu der nur zögerlichen Umsetzung dieser Lösungen in (professionellen) medizinischen bzw. gesundheitsnahen Bereichen bei. Jedoch erklärt dies nicht vollständig die teils konservativ scheinende Haltung der Gruppe der Ärztinnen und Ärzte. Einerseits sind viele Ärztinnen und Ärzte technisch affin (Park und Chen 2007), dennoch nutzten nur wenige die Geräte über Kommunikations- und Referenzzwecke (als „leichte“ Alternative zu schweren Nachschlagewerken in der Kitteltasche) hinaus. Dies kann einerseits Ausdruck der Sorge vor Veränderungen von eingespielten Arbeitsabläufen (und damit Zeitverlust) bei allen Beteiligten, den Ärztinnen und Ärzten ebenso wie den organisatorisch in der Klinik Verantwortlichen sein. Außerdem ist die Nutzung der häufig „privat“ angeschafften Geräte im klinischen Umfeld auch im Kontext möglicher Haftung (Stichwort „Bring Your Own Device“, kurz „BYOD“) für die Beteiligten problematisch (Pramann, Garz und Albrecht 2013).

Viele für den medizinischen Bereich verfügbare IT-Lösungen sind übermäßig komplex (Zapata, Fernández-Alemán, Ali und Ambrosio 2015; Vincent, Niezen, O’Kane und Stawarz 2015). Mobile Lösungen sind gerade in großen Häusern nicht immer leicht und sinnvoll in das jeweilige IT-Umfeld zu integrieren, was dem Formenkreis der innerbetrieblichen Hürden zugesprochen werden kann. Hier sind insbesondere die Hersteller dieser Lösungen gefordert, ihre Produkte hinsichtlich Bedienbarkeit, aber auch Sicherheits- und sonstiger qualitätsrelevanter Aspekte, besser an die Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppe anzupassen und ebenso dafür Sorge zu tragen, dass sich diese adäquat in bestehende Systeme einfügen (Becker, Miron-Shatz et al. 2014). Auch offene Fragen bzgl. regulatorischer Aspekte, z.B. bei diagnostischen oder therapeutischen Applikationen, mögen dem Einsatz von mobilen Gesundheitsapplikationen vielfach noch entgegenstehen (Albrecht 2016a).

Auf Patientenseite wurde offensichtlich, dass nur Wenige der Nutzung mobiler Technologien, auch während des Kontakts mit ihren Ärztinnen und Ärzten, ablehnend gegenüberstehen. Die Geräte sind hier akzeptiert. Es bestehen jedoch noch einige Potenziale, die bislang nicht genutzt werden, beispielsweise hinsichtlich möglicher Verbesserungen bei der Interaktion beider Seiten. In diesem Zusammenhang bleibt noch zu klären, inwiefern sich die Nutzung von Apps auf das Arzt-Patienten-Verhältnis auswirkt: Es existieren in der Literatur Hinweise, dass sich beispielsweise die Online-Suche nach Gesundheitsinformationen durch Patienten durchaus auswirkt, z.B. in Form des oft zitierten „Dr. Google“ (Lee, Hoti, Hughes und Emmerton 2014) oder über soziale Medien und dies den Umgang bzw. die Kommunikation beider Seiten miteinander nachhaltig beeinflusst (Ahmad, Hudak, Bercovitz, Hollenberg und Levinson 2006; Gholami-Kordkheili, Wild und Strech 2013; Silver 2015). Zumindest im Hinblick auf die an unserer Befragung Teilnehmenden fanden sich jedoch keine Hinweise, dass Apps hier bereits ähnlich wirken, da z.B. die von den Teilnehmenden angegebenen Anwendungszwecke sich hauptsächlich auf selbst-zentrierte bezogen und auch in den Freitextfeldern keine direkten Hinweise bzgl. der Auswirkungen auf das Verhältnis zueinander zu finden waren. Wünschenswert wäre dies jedoch, da einerseits viele Patienten sich gern stärker in Entscheidungen, die ihre Gesundheit betreffen, einbringen würden (Butzlaff, Floer und Isfort 2003). Es gibt Hinweise, dass es positive Auswirkungen auf die Erwartungshaltung der Patientinnen und Patienten sowie das Outcome haben kann, wenn diese tatsächlich stärker eingebunden werden (Simon, Loh und Härter 2008; Hibbard und Greene 2013). Dabei darf es jedoch nicht um ein Ersetzen der Interaktion zwischen beiden Seiten, z.B. aufgrund falsch verstandener Effizienzsteigerungspotenziale gehen, vielmehr sollten Apps und andere Informations- und Austauschmöglichkeiten als ein zusätzliches Werkzeug in diesem Kontext begriffen werden. Anzumerken ist, dass gerade Information und Kommunikation inzwischen (Stand 2016) auch von anderen Akteuren des Gesundheitswesens als wichtige Aspekte im Kontext von Apps erkannt wurden: so sehen z.B. Krankenkassen bzw. -versicherungen hier zunehmend Potenzial für Apps um mit ihren Versicherten zu interagieren. Neben bereits bestehenden Angeboten, bei denen es sich zumeist um serviceorientierte Apps handelt (Informationen zum jeweiligen Leistungsangebot, Suche nach Gesundheitsdienstleistern etc.) wird hier ein potenzieller Mehrwert erkannt, der auch der Kundenbindung und Gewinnung ebenso wie Verbesserung der Versorgung dienen kann (Aumann, Frank und Pramann 2016).

3.2. Smarte Anwendungsbereiche

Die Bedenken und Wünsche in Bezug auf mobile Technologien bestätigten unsere Vermutungen und Erfahrungen, die wir regelmäßig mit Kollegen klinischer Abteilungen diskutieren. Aus dieser Motivation heraus wurden seit Gründung der Arbeitsgruppe verschiedene Projekte in Angriff genommen, die auf die praktische Implementierung der Technologie ausgerichtet sind, um praxisorientierte Hilfestellung zu bieten. Ziel ist die Unterstützung einer Risiko-Nutzen-Abwägung des Anwenders für den Einsatz. Folgend werden die Ergebnisse aus vier Anwendungsbereichen Hygiene, Kommunikation, Dokumentation und Lehre dargestellt und entsprechend unter ethischen und rechtlichen Aspekten diskutiert.

3.2.1. Wie kann eine Desinfektion von Tablet-PC wirksam und einfach aussehen?

Mobilität ist Teil des Konzepts von Tablet-PC, Smartphones, Smart Watches. Großer Nutzungskomfort wird zudem durch menschnahe Bedienkonzepte gewährleistet. Es handelt sich um Geräte, die „durch die Hände“ gereicht und mit Fingern bedient werden. In der Regel werden hierdurch Bakterien der physiologischen Hautflora und denkbar auch pathologische Erreger auf das Gerät verbracht, welche ihrerseits als Transportmittel zum nächsten Patienten dienen. Der zunehmende Einsatz von Mobilgeräten im medizinischen Umfeld, sei es in der alltäglichen Anwendung oder in der Forschung, bedeutet gleichwohl ein höheres Risiko an durch Transmission verursachten Infektionen. Abgesehen von der gesundheitlichen Gefährdung für die Patienten und das Personal bestehen zivilrechtliche Haftungsrisiken, sollte eine nicht ordnungsgemäße leitlinien- oder empfehlungsgerechte Desinfektion zu einem Schaden geführt haben (Pramann, Graf und Albrecht 2012). Ein Hygienemangel in einem hygienisch beherrschbaren Bereich lässt eine Verletzung der Sorgfaltspflicht vermuten, was wiederum einen haftungsrechtlichen Tatbestand begründet¹². Schadensersatzforderungen durch den Patienten können durch dieses Versäumnis stattgegeben werden (Deutsch und Spickhoff 2008). Die Problematik der Transmission durch Mobiltelefone und PC-Tastaturen ist real, wie Vorstudien zeigten: Eine Besiedlung von Mobiltelefonen, Pagern und PDA (Brady, Verran, Damani und Gibb 2009; Ulger et al. 2009) mit bakteriellen Erregern war in zwischen 9% und 25% der Fälle nachweisbar. Erregertransmissionen über Mobiltelefone auf einer Intensivstation konnten anschaulich in einer Studie von Borer et al. dargestellt werden (Borer et al. 2005). Die Frage nach praktikablen und wirksamen hygienischen Maßnahmen für Tablet-PC (und andere Mobilgeräte), die im klinischen Bereich eingesetzt werden sollen, ist drängend. Die Hersteller der Geräte bieten hier bisher wenig Orientierungshilfen oder Informationen an. Grundsätzlich böte sich Oberflächendesinfektion an, wie sie bei anderen Flächen im medizinischen Bereich angewendet wird. Das Gerätedesign ist allerdings nicht für eine Desinfektion mit flüssigen Substanzen konzipiert worden. Es gibt zwar große und glatte Flächen, wie den Touchscreen und die Rückseite, die grundsätzlich gut zu reinigen wären, doch finden sich auch zahlreiche Unebenheiten wie Taster und Öffnungen für Kopfhörer, Ladekabel, Lautsprecherschlitze. Diese Diskontinuitäten erschweren eine Desinfektion durch Nischenbildungen oder machen den Einsatz von Flüssigkeiten riskant. Diese können in das Gerät einlaufen und die Elektronik beschädigen. Die verschiedenen in mobilen Geräten verwendeten Materialien fördern teils die Biofilmbildung (z.B. aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit, siehe auch Tagoe, Gyande und Ansa 2011) und sind häufig gegenüber chemischen Substanzen und den üblichen Gefahren des alltäglichen Gebrauchs (z.B. Herunterfallen) empfindlich, was zur beschleunigten „Materialalterung“ mit Rissbildung (neue Nischen) und Brüchen führt. Nicht verwunderlich ist, dass viele Gerätehersteller Schäden durch eine Reinigung oder Desinfektion mit chemischen Substanzen und Flüssigkeiten in ihren Garantiebestimmungen ausschließen. Die andererseits von ihnen empfohlene Reinigung mit einem Vliestuch ist für Geräte, die klinisch eingesetzt werden sollen, keine Alternative. Folien-Schalen-Kombinationen können die Geräte vollständig umschließen und erlauben, wenn sie hermetisch schließen, Tauchdesinfektionen. Je nach Design erschweren sie aber die Bedienung und das allgemeine Handling der Geräte. Zur Wirksamkeit der Nutzung ist nur wenig bekannt: Je nach Oberflächenstruktur dieser Hüllen kann sich ebenfalls Schmutz sammeln (z.B. in Griffprofilen). Ferner können sich feuchte Kammern im Zwischenraum zwischen Geräteroberfläche und Hülle entwickeln. Diese bilden ideale Brutkammern für Erreger. Für die uns bekannten für den Consumer-Bereich entwickelten Hüllen geben die Hersteller zudem keine Gewähr auf die Haltbarkeit der Hüllen, wenn sie mit Desinfektionsmittel

¹²LG München I, Urt. v. 07. 07. 2004, 9 O 18834/00, Gesundheitsrecht 2004 (12): 512 ff.

behandelt werden. Speziell für den medizinischen Einsatzbereich entwickelte Schutzhüllen sind hingegen oft teuer. Ein weiteres Risiko kann in der Kontamination der Hüllen selbst liegen, sodass es beim Wechsel der Hüllen oder bei unerkannter Beschädigung zur Kontamination kommen kann. In einer Kooperation mit dem Institut für Mikrobiologie an der MHH prüften wir alternative Reinigungsmethoden, die schonend für die Geräte sind und, bei richtiger Anwendung, zur Desinfektion sämtlicher Regionen führen könnte. Wir prüften die Anwendung von handelsüblichen portablen UV-Lampen auf die Erregerreduktion auf unterschiedliche Bakterienstämme im standardisierten Setting (Pettersson et al. 2014). In der Untersuchung kamen wir zu dem Schluss, dass das UV-C Licht, das über diese Apparate appliziert wird, eine denkbare Alternative für die Fälle darstellen kann, in denen eine Desinfektion mit Standardchemikalien nicht appliziert werden kann (Pettersson et al. 2014). Weitere Forschungsarbeit ist hier allerdings nötig, um Evidenz zur Sicherheit und Wirksamkeit für die unterschiedlichen Gerätetypen (Formfaktoren) zu erbringen.

Unabhängig von der Wirksamkeit der Desinfektionsmethode ist ihre Applikation natürlich Bedingung für eine ausreichende Erregerreduktion. Was hier trivial klingt, stellt allerdings die größte Herausforderung im Kampf gegen Hospitalisierungsinfektionen dar. Alles hängt von der konsequenten Umsetzung der Hygienemaßnahmen ab. Hierfür ist die Kenntnis um ein Infektionsrisiko durch Transmission und dessen Abwehr unumgänglich. Aufklärungskampagnen (z.B. die „Aktion Saubere Hände“, (Aktion Saubere Hände o.D.)) sind probate Mittel, um die Sensibilität für das Thema zu steigern und bestenfalls die Hygiene verbessernde Verhaltensänderungen zu induzieren. In unserer Studie kam eine eigens entwickelte interaktive Reinigungsanleitung zur Anwendung, die einerseits aufklärend, andererseits anleitend und protokollierend eingesetzt wurde. Die „deBac-App“ wird durch Krankenhausträger mittlerweile deutschlandweit eingesetzt. Die Kliniken nutzen die App im Rahmen ihres Qualitätsmanagements und dokumentieren hierdurch auch ihre Sorgfaltspflicht zur Vermeidung eines Organisationsverschuldens. Die Hygieneverordnung Bayerns verpflichtet Krankenhausträger zur Sicherstellung der betrieblich-organisatorischen und baulich-funktionellen Voraussetzungen (Bayerische Staatsregierung 2010). Qualitätssichernde Maßnahmen wie diese wirken haftungspräventiv.

3.2.2. Sind Übersetzungs-Apps im medizinischen Alltag brauchbar?

Die Sprachbarriere stellt im medizinischen Umfeld gleichzeitig die Barriere zum Zugang adäquater medizinischer Maßnahmen dar (Fiscella, Franks, Doescher und Saver 2002; Timmins 2002). Der Erfolg von Diagnostik und Therapie hängt vom Verständnis des Patienten hinsichtlich seiner Erkrankung und der nötigen Maßnahmen ab. Kommunikationsstörungen können dazu führen, dass die Qualität von Versorgung und Pflege leiden. Patienten werden aus Unsicherheit unter- oder überversorgt und erleiden häufiger Nebenwirkungen (Schyve 2007; Bartlett, Blais, Tamblyn, Clermont und MacGibbon 2008). Die Anamnese und Aufklärung erfolgen üblicher Weise im Gespräch und sind eine Voraussetzung dafür, dass der Patient seine Einwilligung zu allem Nötigen erteilen kann. Bestehen Bedenken, dass sprachliche Defizite dem entgegenstehen, muss gerade im medizinischen Umfeld das Personal dafür Sorge tragen, dass Sprachkundige, z.B. professionelle Übersetzerinnen oder Übersetzer, hier vermitteln und eine entsprechende Aufklärung (rechts-) sicher möglich ist (Geiß und Greiner 2009). Übersetzungs- bzw. Dolmetscher-Apps mit medizinischem Schwerpunkt können in den Situationen unterstützen, wenn keine andere Ressource zur Verfügung steht. Es lassen sich zwei Typen von Apps in diesem Zusammenhang beschreiben. Einerseits gibt es digitale „Phrasebooks“ mit vordefinierten übersetzten Sätzen (NiteFloat, Inc 2013; Universal Projects 2015) und Ausdrücken für die relevanten Bereiche (z.B. Symptomatik, Diagnostik und Therapie oder pflegerische Maßnahmen). Die von uns untersuchte Anwendung folgte diesem Muster. Die Anwender sind hier auf das vorhandene Vokabular bzw. die Phrasenliste beschränkt und müssen sich darauf verlassen, dass die durch die Entwickler hinterlegten Phrasen inhaltlich korrekt sind. Ist dies jedoch der Fall, können diese Apps wertvolle Hilfe leisten, obwohl die Kommunikation auf diesem Weg wenig natürlich scheint.

Einem anderen Ansatz folgen Apps, die eine direkte Übersetzung des gesprochenen oder geschriebenen Wortes vornehmen wollen. Nach aktuellem Stand der Technik ist jedoch noch keine hinreichend sichere automatische Übersetzung aller Inhalte möglich. Einerseits ist die Aufzeichnung der zu übersetzenden Inhalte über das Mikrofon des Smartphones störanfällig, z.B. aufgrund von Umgebungsgeräuschen oder unklarer

Aussprache. Zudem sind durch die verwendeten Algorithmen der Spracherkennung eine Analyse und korrekte Übersetzung der verwendeten Worte, Semantik etc. insbesondere bei komplizierten Satzkonstrukten bzw. Inhalten bisher nur eingeschränkt zu leisten. Für einfache Inhalte, die das Niveau von „Small Talk“ oder Alltagssituationen nicht übersteigen, mag dies ausreichen, im komplexen und sensiblen medizinischen Umfeld ist jedoch Vorsicht geboten (Patil und Davies 2014; Börner et al. 2013; Leite et al. 2016).

Die angeführten Defizite, die sich nach heutigem Stand beim Einsatz von Übersetzungs-Apps im medizinischen Umfeld ergeben, wurden auch von den Studienteilnehmern erkannt und beschrieben. Auffällig waren jedoch insbesondere die Unterschiede zwischen den von den Teilnehmenden abgegebenen Bewertungen einerseits und den im App-Store verfügbaren Kommentaren der Anwender sowie den von Experten (z.B. auf dem Portal imedicalapps.com) online gemachten Äußerungen.

Zu vermuten ist, dass es sich bei den Experten bzw. denen, die ihre Meinung in Kommentaren im Store kundgetan hatten, um Personen handelt, die sich vergleichsweise intensiv mit dieser Art von Apps auseinandergesetzt hatten. Somit hatten sie klare Erwartungen. Im Gegensatz dazu hatten die befragten Pflegekräfte im hektischen Klinikalltag – und ohne eine Einführung in die App erhalten zu haben – keine Möglichkeit, sich ebenso intensiv mit der App zu beschäftigen; bei der Abwägung zwischen erwartetem Nutzen und geschätztem Aufwand könnte daher ohne genaue Kenntnis der Möglichkeiten der App der Aufwand als zu hoch bewertet worden sein. Eventuell wurden auch vorhandene Erwartungen, die in Richtung einer vollautomatischen Übersetzung gingen, enttäuscht. Jedoch lassen sich aufgrund der geringen Beteiligungsrate bei der Befragung keine abschließenden Bewertungen vornehmen. Vielmehr sind weitere Bemühungen nötig: Neue mobile Ansätze, die einen möglichen Nutzen im klinischen Setting versprechen, müssen kontinuierlich im Hinblick auf ihre Effektivität, aber auch die an sie gerichteten Erwartungen sowie mögliche der Akzeptanz entgegenstehende Faktoren überprüft werden.

Insgesamt muss die Implementierung von neuartigen Tools umsichtig geplant werden, um die für den erfolgreichen Ansatz nötige Akzeptanz nicht zu verspielen und von möglichen Vorteilen profitieren zu können. Ein einfaches zur Verfügung stellen reicht nicht aus; vielmehr sollte die Einführung neuartiger Techniken, die über das den Anwendern Bekannte hinausgehen, von den Verantwortlichen begleitet werden, z.B. durch Schulungsmaterialien und -angebote sowie dem Schaffen von Freiräumen für die Beschäftigten, damit sie sich mit den Angeboten vertraut machen können. Hierauf wiesen auch die abgegebenen Freitextkommentare zur App hin: Ein Anwender der App meinte beispielsweise, dass die Vertrautheit mit der App im Laufe der Zeit sicherlich zunehmen und die Nutzung damit noch leichter fallen würde.

Der scheinbar geringe Erfolg hinsichtlich der Nutzung des ausgewählten mobilen Übersetzungstools im Rahmen unserer Evaluation mag irreführend sein und kann nicht zuletzt durch die Art der Einführung der Geräte auf den Stationen begründet werden. Indizien, wie die regelmäßig an das Institut herangetragenen Anfragen nach Leihgeräten, die bis heute, vier Jahre nach Abschluss der Evaluation nicht abgerissen sind, sprechen dafür, dass die App bei dafür empfänglichen Personen einen bleibenden Eindruck hinterlassen hat und in Notfällen, in denen andere Kommunikationswege versagen, als hilfreich wahrgenommen wurde. Abschließend bleibt anzumerken, dass bei der Anwendung von Übersetzungstools, wie sie hier vorgestellt wurden, die Beteiligten noch für lange Zeit nicht aus der Verantwortung entlassen werden: Im Zweifelsfall ist stets zusätzlich ein Dolmetscher hinzuziehen oder eine Person, die der Sprache mächtig ist.

3.2.3. Eignen sich Smart Glasses zur Befundokumentation?

Mit „Google Glass“ wurde im Jahr 2012 durch Google der Prototyp einer smarten Brille vorgestellt (Velazco 2012), die zum damaligen Zeitpunkt viele begeisterte Anwendungsberichte für die unterschiedlichsten Bereiche hervorbrachte. Jedoch lag zum Zeitpunkt unserer Studie kaum wissenschaftliche Evidenz zum Nutzen von Google Glass und ähnlichen Geräten in medizinischen Bereichen vor. Soweit Berichte verfügbar waren, handelte es sich zumeist um Erfahrungsberichte oder die Beschreibung von Konzepten (Engelen 2013; Fox und Felkey 2013; Glauser 2013; Ohio State University 2013; Parslow 2013). Eine eigene Bewertung scheiterte zunächst an der mangelnden Verfügbarkeit der sogenannten „Explorer Edition“ der Brille in Europa. Ende

2013 ergab sich jedoch über eine Kooperation mit der Kinderchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover eine entsprechende Gelegenheit. Neben der Machbarkeit des Einsatzes im medizinischen Umfeld waren wir insbesondere daran interessiert, die Anwenderfreundlichkeit, Effektivitäts- und Effizienzaspekte zu untersuchen. Wir wählten hierfür mit der Rechtsmedizin ein Anwendungsfeld, in dem sich die genannten Punkte evaluieren ließen, ohne Patienten zu gefährden, in dem die von Glass zur Verfügung gestellten Features jedoch als potenziell hilfreich schienen. Diese Evaluation geschah unter Einsatz einer eigens für die Nutzung in diesem Kontext entwickelten App, deren Entwicklung über die von Google bereitgestellten Werkzeuge und Entwicklungsbibliotheken kurzfristig möglich war. Die Entwicklung einer eigenen App wurde aus mehreren Gründen als notwendig erachtet. Einerseits war eine komplett freihändige Bedienung der ab Werk integrierten Foto-App des Gerätes nicht vorgesehen, vielmehr mussten bestimmte Kommandos über den verbauten Berührungssensor bestätigt werden. Dies hätte aber in einem Setting wie der Rechtsmedizin weder beim Einsatz bei Obduktionen noch bei Leichenschauen den nötigen Hygieneanforderungen entsprochen.

Andererseits kamen Datenschutzbedenken zum Tragen. Es waren nur unklare Informationen darüber verfügbar, ob, und wenn ja, welche Daten (z.B. Fotoaufnahmen, zugehörige Metadaten) gegebenenfalls an Dritte, insbesondere an Google weitergegeben würden. Eine Datenübermittlung bzw. -weitergabe an Dritte ist besonders in sensiblen medizinischen Bereichen nicht akzeptabel. Gleiches gilt auch bei berechtigter Übertragung, falls die gebotenen Schutzmaßnahmen (verschlüsselte Übertragung und Speicherung) nicht eingehalten werden. Sicherlich hätte der Konzern Interesse an Daten zur Nutzung von Glass gehabt, da es sich noch um ein Gerät in einem relativ frühen Entwicklungsstadium handelte und eine Übermittlung solcher Daten insbesondere im Fehlerfall zu einer Verbesserung bzw. Behebung von Seiten des Konzerns hätte genutzt werden können – für ein solches Vorgehen sprachen auch die vom Gerät anlasslos an externe Adressen übertragenen Datenmengen, die bei einer oberflächlichen Betrachtung (ohne tiefere Analyse der Datenpakete selbst) auffielen. Zudem „leben“ viele der in Glass umgesetzten Ideen von der engen Anbindung an Dienste, die vom Google-Konzern angeboten werden, sowie der Übertragung von anwendungsbezogenen Daten auf Server des Konzerns. Im gewünschten Setting war dies aber aufgrund der sensiblen Situation, sowohl ethisch als auch rechtlich, nicht akzeptabel. Um dem Rechnung zu tragen, wurde ein Linux-basierter Laptop als „Basisstation“ genutzt, an den während der Durchführung der Messungen die Bilddaten für die spätere Auswertung übertragen wurden. Es bestand somit keine wie auch immer geartete Verbindung zum Netzwerk der Hochschule bzw. dem Internet.

Im Hinblick auf die gestellten Studienziele, insbesondere die Frage nach der Sinnhaftigkeit des Einsatzes von Glass zu Dokumentationszwecken mit besonderem Augenmerk auf die Effizienz und Effektivität, aber auch die Nutzererfahrung sowie Qualität der mit Glass aufgezeichneten Bilder, ließ sich eine grundsätzliche Eignung von Glass feststellen. Zwar schnitt das Gerät im Vergleich zum üblicher Weise verwendeten Gold-Standard, einer Spiegelreflexkamera, z.B. im Hinblick auf die Fokussierung auf das Zielgebiet oder den fehlenden Zoom, der bei Glass durch Kopfbewegungen ausgeglichen werden musste, etwas schlechter ab; auch wurde für die Aufnahme der Fotos mehr Zeit benötigt. Dennoch bewerteten die Anwender Glass aufgrund seiner freihändigen Bedienbarkeit als ein im getesteten Setting komfortabel zu nutzendes Gerät. Dies wird auch andernorts als einer der Hauptvorteile von Glass gesehen (Kalinauckas 2015). Auch hinsichtlich der Bildqualität kam Glass in unserer Studie (Albrecht, von Jan, Kuebler et al. 2014) auf für Dokumentationszwecke akzeptable Werte, was inzwischen von anderen Arbeitsgruppen, z.B. in der Chirurgie (Sinkin, Rahman und Nahabedian 2016), auch bestätigt werden konnte. Auch der von den bei der Durchführung unserer Messungen anwesenden Studierenden benannte Aspekt, dass Glass Potenzial für die Lehre habe, wurde inzwischen mehrfach und für die verschiedensten medizinischen Fachdisziplinen als positiv bewertet (Russell et al. 2014; Moshtaghi et al. 2015; Beydoun, Beydoun und Towbin 2016). Explizit erwähnt wurde der Vorteil, dass trotz der eingeschränkten Platzverhältnisse durch den Einsatz von Glass oder ähnlicher Geräte eine größere Zahl Studierender „live“ an einer Obduktion – aus der Perspektive des Obduzierenden – teilhaben können. Denkbar ist ein Einsatz für die Lehre unter Nutzung des Augmented Reality-Ansatzes, wie im folgenden Abschnitt 3.2.4 ausgeführt wird.

Teile der verwendeten Technik, z.B. das verbaute Prismen-Display, können bei medizinischen Anwendungen problematisch sein. Ein Einsatz von Glass oder ähnlichen Geräten zu Befundungen ist nicht zu empfehlen. Spaedy et al. (Spaedy et al. 2016) raten von einem Einsatz zur Fern-Befundung von Röntgenbildern mittels Glass eher ab, da sich selbst im Vergleich zu anderen Mobilgeräten und stationären Computern keine ausreichende Sicherheit bei der Interpretation erreichen ließ (geringe Displayauflösung, Kontraste etc.). Ein Einsatz zur Befundung überschreitet hingegen die Grenze zum Medizinprodukt. Hieraus können sich eine Reihe von Fallstricken ergeben, die bei der Entwicklung, Bereitstellung und Nutzung beachtet werden müssen, insbesondere hinsichtlich der anwendbaren Regulation (ausführlicher hierzu später in der Diskussion). Hier sind nicht zuletzt auch die Hersteller entsprechender Geräte gefordert, wenn ihre Geräte auf Dauer in der Medizin Fuß fassen sollen. Zwar wurde Google Glass zumindest in der als Prototyp getesteten Consumerversion zwischenzeitlich abgekündigt (Kalinauckas 2015), dennoch ist zu erwarten, dass Nachfolgeprodukte bzw. solche anderer Hersteller diese Nische auf ähnliche Weise bedienen können und aufgrund des technischen Fortschritts bessere Ergebnisse liefern werden.

3.2.4. Ist das Lernen mit mobiler Augmented Reality zielführend?

Im Rahmen der vorgestellten Pilotstudie (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013) ließen sich mit „mARble“ realistische Verletzungsmuster aus dem Themenbereich „Schussverletzungen“ simulieren. Hier war es u.a. von Interesse festzustellen, ob das Lernen mit Augmented Reality (AR) evtl. auch negative Emotionen oder Irritationen auslöst und damit möglicher Weise auch den Lernprozess negativ beeinflusst, da die Lernenden die Befunde – wenn sie die Marker entsprechend einsetzen – auf ihrem eigenen Körper wahrnehmen und die gezeigten Inhalte somit auf sich selbst beziehen können. Dass AR ebenso wie Virtual Reality-Szenarien neben positiven ebenso negative Auswirkungen auf das emotionale Erleben haben kann, wurde bereits andernorts gezeigt (Bekele et al. 2014), insbesondere, wenn die ausgelösten Emotionen im Zusammenhang mit der eigenen Person stehen (Hilke 2014).

Bei näherer Betrachtung der Rolle von Emotionen im Lernprozess müssen mehrere Fragen beantwortet werden, z.B. hinsichtlich der Klassifikation dieser Emotionen, ihrer Effekte sowie Vor- oder Nachteile, die sie beim Lernen bieten. In der Literatur werden bislang keine einheitlichen Schemata beschrieben, die dies leisten; erschwerend kommt hinzu, dass hierbei auch der soziokulturelle Hintergrund eine Rolle spielt (O'Regan 2003) und eine Übertragbarkeit entsprechender Ansätze daher nur eingeschränkt gegeben ist. Zudem müssen individuelle Aspekte berücksichtigt werden: Die individuelle Interpretation von Begriffen wie „Ekel“, „Angst“, „Scham“ oder „Unsicherheit“ kann stark differieren und hinzu kommt, dass es schwer fällt, Emotionen in objektive und quantifizierbare Werte zu überführen, da sie meist instinktiv, subjektiv und auf nicht-verbaler Ebene wahrgenommen werden. Vor diesem Hintergrund wurde in (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends und von Jan 2013) die Bewertung der emotionalen wie kognitiven Effekte auf drei Dimensionen reduziert: Erstens die Lerneffizienz (gemessen über Multiple Choice-Tests zu Beginn und zum Ende des Versuchsdurchlaufs), zweitens die Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität der verwendeten Lernmaterialien (Attrakdiff2-Fragebogen, siehe u.a. Hassenzahl, Burmester und Koller 2003b; Hassenzahl, Burmester und Koller 2003a), sowie drittens den emotionalen Status der Probandinnen und Probanden (Profile of Mood States, POMS, siehe McNair, Lorr und Droppleman 1971; Biehl, Dangel und Reiser 1981; Albani et al. 2005). Hierüber wurde untersucht, welche Rolle AR emotional und kognitiv beim Lernprozess spielen kann. Als Vergleichssetting wurde das konventionelle Lernen mittels Lehrbuch (bei Abdeckung der gleichen Lerninhalte) gewählt; die Kontrollgruppe diente dazu, einen potenziellen emotionalen Einfluss der Lerninhalte auf die Ergebnisse auszuschließen (Götz, Zirngibl und Pekrun 2004) da hier die verwendeten Methoden im Fokus standen. In allen drei genannten Dimensionen schnitt „mARble“ – großteils statistisch signifikant – besser ab: Hinsichtlich der Lerneffizienz lag „mARble“ ebenso vorn wie bezogen auf die Dimension „Attraktivität“, die ein wichtiger Faktor bzgl. der Motivation beim Lernen sein kann (Götz, Zirngibl, Pekrun und Hall 2003). Während das Lernen mit „mARble“ als selbstorganisiert wahrgenommen wurde, wurde das Lehrbuch als eher trocken und aufgabenorientiert gesehen. Bei mangelnder Stimulation kann aber leicht die Motivation zu lernen leiden. Hier scheint das Lernen mit mobiler AR im Vorteil. Auch auf emotionaler Seite wurde das Lernen mit „mARble“ von den Probandinnen und Probanden sehr positiv bewertet. „mARble“ wurde als stimulierende Option empfunden, mit der sie sich

auch identifizieren konnten. Das Lehrbuch schnitt bei beiden Aspekten ebenfalls schlechter ab. Inwieweit all dies jedoch auch langfristige Vorteile bzgl. des Lernens bedingt und evtl. zu einer besseren Verankerung der Lerninhalte im Langzeitgedächtnis führt, ist in Folgestudien zu überprüfen.

Auch wenn eine Abhängigkeit der Ergebnisse vom betrachteten Themengebiet „Rechtsmedizin/Schussverletzungen“ durch den Einsatz der Kontrollgruppe nicht zu vermuten ist, lässt er sich nicht völlig ausschließen und es muss Gegenstand weiterer – und größer angelegter – Untersuchungen sein, ob die gemessenen Effekte sich auch für andere Themengebiete bestätigen lassen. Zudem ist noch zu untersuchen, ob das bessere Abschneiden von „mARble“ gegenüber dem Lernen mit Lehrbuchmaterial tatsächlich der Augmented Reality-Komponente zuzuschreiben ist oder der Unterschied vielmehr bereits dem Einsatz der mobilen Technik geschuldet ist, die evtl. als „spannender“ wahrgenommen wird. Dies ist Gegenstand aktuell laufender Untersuchungen der Arbeitsgruppe.

3.3. Risiken

In den oben beschriebenen Anwendungsbeispielen wurden die Hypothesen primär auf den möglichen Nutzen ausgerichtet. Die Diskussion begnügte sich aber nicht auf die Erläuterung des Nutzens, sondern eruierte auch mit dem Einsatz verbundene Risiken. Die vorgestellten Artikel wurden bewusst aufgrund ihrer ausgewogenen Darstellung des Nutzens und der Risiken ausgewählt.

Der Aufwand, Risiken von gesundheitsbezogenen Apps zu beschreiben oder nachzuweisen ist wesentlich geringer als es für das Erbringen fundierter Nachweise zum potenziellen Nutzen der Fall ist. In diversen anderen Arbeiten konnten wir verhältnismäßig einfach technisch bedingte Risiken nachweisen. Insbesondere im Bereich des unsicheren Datensendungsverhaltens und dem fehlenden Nachkommen der Informationspflicht über die Datenschutzerklärung gelang der Nachweis ohne besondere Anstrengungen (Albrecht, Pramann und von Jan 2012; Albrecht, Jungnickel und von Jan 2014). Hierfür gibt es mehrere Erklärungen. Einerseits können entsprechende Tests mit wenig Material und geringem Personalaufwand im Labor durchgeführt werden. Zum anderen existieren derzeit sehr viele in dieser Hinsicht problematische Apps, was aufgrund der eiligen Entwicklung und der Boom-Phase zu erklären ist. Der Schluss, dass es sich hierbei um beabsichtigt kriminelle Intentionen der Hersteller handelt, ist allerdings nicht zulässig. Wir gehen eher davon aus, dass Nachlässigkeit oder fehlende Fachkenntnisse bzgl. einer sicheren Umsetzung und Kostenfaktoren hierzu führen – insgesamt Gründe, die über Aufklärung und Management eingedämmt werden können. Die (mediale) Berichterstattung erfolgt in der Regel allerdings einseitig und problematisierend (Papadopoulos, Pappa und Gortzis 2006; Papadopoulos, Pappa und Gortzis 2007; Mare und Kotz 2010; Giota und Kleftras 2014; Anthony 2013; CHIP Online 2015) und aus den geführten Diskussionen ist oftmals ein grundsätzliches Misstrauen herauszulesen. Auffällig ist, dass insbesondere beteiligte Großunternehmen (z.B. Krankenversicherungen) prinzipiell zunächst unter Verdacht stehen, wenn sie sich dem mHealth-Trend öffnen (Süddeutsche Zeitung 2014). Hier wäre es angebracht, über gut geplante Studien zu überprüfen, ob das Misstrauen gerechtfertigt ist und Diskussionen zu starten, wie Datenschutz aktiv betrieben und Missbrauch unterbunden werden kann. Dies wäre eine gute Grundlage, konstruktiv an der Reduktion eines Innovationen ver hindernden Misstrauens zu arbeiten. Gleiches gilt für postulierte gesundheitliche Risiken. Allerdings ist die Evidenzlage hierzu bei weitem noch dünner als für Belege eines medizinischen, praktischen oder gesundheitsökonomischen Nutzens von Gesundheits-Apps (Albrecht 2016c). Theoretisch sind diverse gesundheitliche Risiken denkbar. Auch kann auf Erfahrungen im Medizinproduktebereich zurückgegriffen werden. Apps-spezifisch konnten Fehler beschrieben werden, die zu potenziellen Schäden führen könnten, sei es aufgrund fehlerhafter Algorithmen oder fehlenden/schlechten Plausibilitätsprüfungen. Allerdings fehlen Beweise für derartige ursächliche Schädigungen und es gilt das Postulat analog zum Nachweis von Nutzen, dass valide Ergebnisse aus gut geplanten Studien in die Risiko-Nutzen-Diskussion eingebracht werden müssen, wenn die Abwägung fair gegenüber der Technologie erfolgen soll. Im nächsten Abschnitt sollen die Herausforderungen und Rahmenbedingungen für eine Forschung an und mit Apps diskutiert werden, um sich den Anforderungen solcher Projekte zu nähern.

3.4. Evidente Forschung an und mit Apps

Die vorherigen Abschnitte beschäftigten sich mit der Notwendigkeit der Schaffung einer Evidenzbasis zur Diskussion von Nutzen und Risiken anhand von eigenen Forschungsvorhaben. Es wurden Methoden aufgezeigt, wie App-Evaluationen und Forschung unter wissenschaftlichen Voraussetzungen durchgeführt werden können. Zwei Strömungen lassen sich im Zusammenhang mit App-Forschung beschreiben, die auch miteinander vergesellschaftet zur Anwendung kommen. Die Ansätze umfassen einerseits die Evaluation und Validierung App-basierter Interventionen und Behandlungspfade und andererseits den Einsatz von Apps als Werkzeuge, um traditionelle Forschungsansätze „im Feld“ zu unterstützen. Schließlich bieten diese Technologien neue Möglichkeiten der Datenerhebung in klinischen Studien, wo sie ressourcenschonend am „Point-of-Care“ bei der Datengewinnung eingesetzt werden können. Die Frage der Evidenz betrifft beide Bereiche. Gleiches gilt für Risiken, die im App-Kontext entstehen sowie ethische, rechtliche und regulatorische Aspekte, die in der medizinischen Forschung ebenso wie im allgemeinen gesundheitsbezogenen Einsatz zu beachten sind. An dieser Stelle soll nun der Aspekt des Einsatzes von Apps speziell in der klinischen Forschung zusätzlich in die Diskussion eingeflochten werden, da sich immer mehr Wissenschaftler diesem Trend öffnen. Insbesondere die in den Abschnitten 3.4.5 (Ethik) sowie 3.4.6 (Recht, mit zusätzlichem Fokus auf Regulation, Haftung und Datenschutz) genannten Punkte sind auch außerhalb der Forschung relevant und großteils auf weiter gefasste medizinische bzw. gesundheitsbezogene Einsatzbereiche übertragbar, für die sie beispielhaft stehen. Es sei auf unsere Veröffentlichungen verwiesen, die sich auf wesentlich mehr Raum allgemein mit der Thematik auseinandersetzen (siehe u.a. Albrecht, Pramann und von Jan 2012; Pramann, Garz und Albrecht 2013; Pramann und Albrecht 2014b; Albrecht und Fangerau 2015b; Pramann und Albrecht 2015; Albrecht 2016a).

3.4.1. Chancen durch Apps in der Forschung

In der klinischen Forschung kann der Einsatz von Apps einen vielfältigen Nutzen erbringen. Wissenschaftler, genauso wie die Studienteilnehmer, können von einer komfortablen Datenerfassung profitieren. Die Datenbasis kann durch diesen Komfort verbessert werden, da weniger Abbrüche und eine bessere Adhärenz (Becker, Stefan et al. 2013) aufgrund einer leichteren Erfassung zu erwarten sind. Mit Hilfe von smarter Technologie lassen sich so punktuelle und kontinuierliche Messungen unkompliziert durchführen, welche ohne diese Technik schlechter oder gar nicht möglich wären (Albrecht, Pramann und von Jan 2013; Albrecht, von Jan, Pramann und Fangerau 2016). Gerade auch für die Rekrutierung von Teilnehmern bieten sich durch App-basierte Ansätze neue Perspektiven: Es lassen sich geographische Grenzen und zeitliche Zwänge als Hinderungsgründe für eine Studienteilnahme überbrücken, und so mehr Studienteilnehmer rekrutieren. Je nach Studiendesign lassen sich auch Visiten am Studienzentrum und so der Aufwand für Probanden/Patienten und das Studienteam reduzieren. Diverse Wissenschaftler nutzen bereits die Möglichkeiten in ihren Forschungsprojekten. Beispiele (Albrecht, Pramann und von Jan 2013) sind die Bestimmung der Prävalenz des Rauchverhaltens in Fahrzeugen (Patel, Nowostawski, Thomson, Wilson und Medlin 2013), die Bestimmung der Reaktionszeiten in Worterkennungstests (Dufau et al. 2011) und Pharmakovigilanzstudien (Baron, Goutard, Nguon und Tarantola 2013).

3.4.2. Herausforderungen der App-basierten Forschung

Unter Verwendung von mHealth-Technologie im Evaluations- und Forschungskontext stellen sich unterschiedliche Herausforderungen, denen sich bereits in der Planungsphase gestellt werden muss, soll die App akzeptiert werden und den hohen ethischen und technischen Ansprüchen genügen. Diese Herausforderungen ergeben sich aus der Schnittmenge der Bereiche Gesundheit (Thema, Ausrichtung, Inhalt), Ethik (Aufklärung, Verteilung, Rekrutierung), Recht (Datenschutz, Haftung), Regulation (Medizinprodukterecht, Datenschutzrecht), Informatik (Funktionalität, Datensicherheit, Gebrauchstauglichkeit), siehe u.a. (Albrecht, Pramann und von Jan 2013; Reiss 2013; Albrecht und Pramann 2014; Friend 2015; Albrecht 2016a). Die Akzeptanz, Qualität und Durchführung einer Studie unter Zuhilfenahme von mHealth-Technologie hängt von dem Maß an Auseinandersetzung mit diesen Herausforderungen ab, wie es auch bei anderen klinischen Studien, insbesondere im Arzneimittelbereich, der Fall ist.

3.4.3. Standardisierung der App-basierten Forschung

In diversen Arbeiten (Albrecht, Pramann und von Jan 2013; Reiss 2013; Albrecht, von Jan, Pramann und Fangerau 2016) ist offensichtlich geworden, dass Studien an und mit Apps wenig Standardisierung in den Designs und den Entwicklungen aufweisen bzw. diese nicht in einer Form umsetzbar ist, wie sie sonst oft in klinischen Studien angewendet wird (Friend 2015). Eine Vergleichbarkeit oder Übertragbarkeit der Ergebnisse, insbesondere bei App-basierten Versorgungsansätzen, ist hierdurch kaum und wenn nur mit Abstrichen möglich. Diese Situation ist erst recht dann nicht hinnehmbar, wenn diese neuen Methoden in die Leistungen der gesetzlichen Krankenkassen aufgenommen werden sollen (Aumann, Frank und Pramann 2016). Der valide Wirkungsnachweis ist eine Voraussetzung. Einige Autoren fordern hierfür ähnliche Maßstäbe wie bei pharmazeutischen Produkten (Wetter 2015). Hier ist allerdings einzuwerfen, dass der Wirksamkeitsnachweis nicht kongruent zu dem tatsächlichen Nutzen von Gesundheits-Apps oder den sich dahinter verbergenden Maßnahmen sein muss (Albrecht 2016a). Die Bewertung hängt vom gewählten (standardisierten) Studienaufbau und dem Setting ab. Die evidente App genügt wissenschaftlichen Qualitätskriterien von Objektivität, Reliabilität und Validität. Ob sie allerdings die Übertragbarkeit auf die Lebenswirklichkeit der Betroffenen deckt, bleibt fraglich. Fehlende Evidenz schließt die Nützlichkeit nicht aus. Letztendlich kann selbst die beste Studie nicht vollständig die Lebenswirklichkeit abdecken und erfassen.

Es wird sich zeigen, wie erfolgreiche Konzepte unter Einbeziehung von Forschungs-Apps aussehen werden. Es ist spannend zu beobachten, wie Standardisierungsansätze von den Konzernen für solche Apps vorangetrieben werden: Über die Motivation hierzu kann nur spekuliert werden, es lässt sich aber auf weitere Kommerzialisierungsmechanismen¹³ schließen. 2015 wurde das „ResearchKit“ von Apple vorgestellt (Albrecht 2015; McCarthy 2015). Es stellt Entwicklungsbibliotheken mit standardisierten Komponenten für die Forschungs-App-Entwicklung bereit. Auch andere Ansätze, die mit ähnlichem Anspruch entwickelt wurden, existieren (Kizakevich et al. 2014; Eckhoff et al. 2015). Von einer Etablierung kann bisher nicht gesprochen werden. Teilweise sind die jeweiligen Ansätze nur für bestimmte Nutzerkreise verfügbar oder auch auf eine einzelne Mobilplattform beschränkt.

3.4.4. Methode

Bei App-basierten Studien mit Feldforschungsansatz müssen im Vorfeld schwer zu kontrollierende Bedingungen berücksichtigt werden. Selektionsverzerrungen sind wahrscheinlich, da beispielsweise bestimmte Bevölkerungsgruppen aus ökonomischen Gründen keinen Zugriff auf die Technologie haben oder sie (aus Bildungsgründen) nicht bedienen können oder wollen (Smith 2013; Kim, Briley und Oceppek 2015). Es ist daher auch im ethischen Sinne eine „Teilnahmegerechtigkeit“ (hier im Sinne von Repräsentativität und Gleichbehandlung) herzustellen. Unterschiedliche Maßnahmen sind hier denkbar, z.B. auch um nicht mHealth vertraute Kreise durch Schulungen (im Sinne der digitalen Alphabetisierung) in die Lage zur Nutzung zu versetzen. Letzteres wird auch nötig sein, um gültige „Feldmessungen“ durch Laien zu bekommen. Letztendlich wird nicht mehr unter standardisierten Laborbedingungen geprüft, sondern in der Lebenssituation der Studienteilnehmer. Sie selbst führen die Messungen durch und können damit beabsichtigt oder unbeabsichtigt Verzerrungen in den Daten verursachen. Neben dem Einsatz von Konzepten, die Standardisierungen soweit wie möglich im Feld erwirken können, gilt es auch, die Studienteilnehmer aufzuklären und soweit irgend möglich in der richtigen Anwendung der Studien-Apps zu schulen. Von der Qualität der Schulung und Motivation der Studienteilnehmer wird das Ausmaß des „Datenrauschens“ abhängen. Die Kooperation zwischen Forscher und Studienteilnehmer mit Verschiebung der Verantwortung der Datenmessung auf den Studienteilnehmer stellt eine Herausforderung dar, die auch ethische Implikationen mit sich bringt, wie sie im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

Tabelle 4.: Synthese der Dimensionen des mHealth-Kodex für medizinische Forschung und gesundheitsbezogenen Einsatz von Apps.

Autonomie	<ul style="list-style-type: none">• Berücksichtigung des Selbstbestimmungsrechts im Kontext von Beteiligung, Mitgestaltung, Nutzung oder Anwendung von mHealth.• Schutz der informationellen Selbstbestimmung.• Freiwilligkeit und jederzeitige Rücktrittsmöglichkeit.• Eine umfassende, zielgruppen- und situationsgerechte Aufklärung als Grundlage für eine begründete Entscheidung.• Förderung der Gesundheitskompetenz zum Treffen gesundheitsrelevanter (selbst-)bewusster Entscheidungen.
Wohltun	<ul style="list-style-type: none">• Primärer Nutzen für die Betroffenen muss sich erwarten/ableiten lassen.• Begründete Zielerreichung auf dem Boden valider Daten.• Transparente Entscheidungsprozesse unter Beteiligung sämtlicher Akteure (Betroffener) zur nachvollziehbaren Begründung einer Maßnahme.
Nicht-Schaden	<ul style="list-style-type: none">• Die mHealth-Maßnahme darf in keiner Beziehung dem Anwender und Empfänger, individuell, einer Gruppe oder dem Umfeld einen körperlichen oder psychischen Schaden zufügen.• Risiken müssen in einem angemessenem Verhältnis zum erwarteten Nutzen der Maßnahme stehen, was eine Risiko-Nutzen-Abwägung unter Zuhilfenahme valider und reliabler Information bedingt.• Das Recht auf Privatsphäre, was neben der Vertraulichkeit auch den Schutz der persönlichen Integrität umfasst, muss geschützt werden, um Schaden abzuwenden.
Gerechtigkeit	<ul style="list-style-type: none">• mHealth-Maßnahmen sollen neutral gegenüber dem sozialen Status, Einkommen, Bildungszugehörigkeit, politischer Einstellung, Religionszugehörigkeit, Neigungen und Vorstellungen, Geschlecht, Alter, Ethnie aber auch Technikaffinität, Gesundheitskompetenz, bestehenden geistigen und körperlichen Einschränkungen jedem zugänglich sein. Eine Diskriminierung und Stigmatisierung darf aus einer mHealth-Maßnahme nicht erwachsen.• Die mHealth-Maßnahme soll die Beseitigung von bestehender Ungleichheit in den Gesundheitschancen zum Ziel haben, was eine gerechte Verteilung von gesundheitlichen Nutzen- und Schadenspotenzialen innerhalb der Zielgruppe voraussetzt.
Gute Wissenschaftliche Praxis	<ul style="list-style-type: none">• Die Forschung zur Generierung valider und reliabler Daten ist notwendig, wobei die biomedizinischen Forschungsprinzipien und Kriterien der Guten Wissenschaftlichen Praxis einzuhalten sind.

3.4.5. Ethik

Die Forschung an und mit Apps geschieht seltener im Labor als direkt im Feld – das macht einen wesentlichen Teil ihrer Attraktivität für die forschende Gemeinschaft aus. Die Technologie wird in das persönliche private und öffentliche Umfeld der Studienteilnehmer verbracht und beginnt dort zu messen. Das Spektrum reicht vom Telemonitoring von Gesundheits- und Krankheitsparametern bis hin zur Erfassung und Sammlung von epidemiologischen und biologischen Daten zu Forschungszwecken (Albrecht und Fangerau 2015b). In der Regel verfolgt die Forschung allerdings eine Evaluation von diagnostischen und therapeutischen Methoden, was neben Fragen der Forschungsethik auch die der ärztlichen Professionsethik und des Arzt-Patientenverhältnisses berührt. Unabhängig vom Anwendungsfall, Forschung oder Implementierung, ist die vorherige Auseinandersetzung mit ethischen Fragestellungen mit abschließenden Abwägungsprozessen geboten. Eine ausführliche ethische Diskussion kann an dieser Stelle aus Platzgründen nicht erfolgen, es sei auf eine ausführliche Literatur-Analyse zu ethischen Chancen und Risiken von Hussain und Kollegen verwiesen (Hussain et al. 2015). Dennoch sollen kurz zwei hervorstechende ethische Problembereiche aufgezeigt werden, die wir identifizieren konnten (Fangerau, Griemert und Albrecht 2016).

¹³Vergleiche zur Kommerzialisierung der Medikalisierung: „[...] The social construction of illness is being replaced by the corporate construction of disease“ (Moynihan 2002) sowie (Martin und Fangerau 2015).

3.4.5.1. Privatheit und Transparenz

mHealth-Technologie ermöglicht die zeitlich und örtlich unabhängige Aufnahme, Verarbeitung und Sendung von persönlichen Daten (inklusive Gesundheitsdaten) direkt aus dem Lebensumfeld der Nutzer. Diese Information kann für diagnostische, therapeutische und Forschungszwecke wertvoll sein, doch birgt die unerwünschte Offenlegung auch ein Missbrauchspotenzial, das mit Stigmatisierung und sich daraus ergebenden sozialen Nachteilen einhergehen kann (Arbeitgeber, (Kranken-)Versicherung, Öffentlichkeit). Die Interessen „Transparenz“ und „Privatheit“ stehen sich diametral gegenüber und doch wollen die Nutzer beide Aspekte gleichzeitig maximal berücksichtigt wissen, was zu einem Paradox führt (Büschel, Mehdi, Cammilleri, Marzouki und Elger 2014 in Fangerau, Griemert und Albrecht 2016).

3.4.5.2. Autonomie und Kontrolle

Das Datenmanagement via mHealth, insbesondere bei Gesundheits-Apps, ist für alle Beteiligten komfortabel zu bewältigen. Die Akzeptanz ist daher groß und eine intensivere Nutzung dieses Komforts ist wahrscheinlich. Es wird hierdurch zu Datenpools individueller und aggregierter Gesundheitsdaten kommen, die der Versorgung des Einzelnen und der Gemeinschaft zu Gute kommen können. Sollte es gesellschaftlich zu einer Forderung nach einer Gesundheitspflicht des Einzelnen kommen, sei es auf dem Boden einer moralischen Verpflichtung zum Gesunden Leben auf moralischer oder gesetzlich verankerter Ebene, kann die Eigenverantwortung belastend werden (s. Labisch 1986; Fangerau und Noack 2006). Die gesammelten Daten könnten hier zur Kontrolle des einzelnen eingesetzt und die Autonomie der Lebensführung (auch durch Sanktionen) eingeschränkt werden. Es ist also abzuwägen, inwieweit beispielsweise eine App durch ihren Einsatz die Autonomie des Nutzers in seiner Lebensführung stärkt und wann und in welchem Ausmaß es zum Umschlagen in unerwünschte Kontrolleffekte kommt, die hier zu Einschränkungen führen (Fangerau, Griemert und Albrecht 2016).

3.4.5.3. mHealth-Kodex

Anhand der beiden Beispiele wird die Komplexität dieser Abwägungen deutlich. Die Bewusstmachung und Auseinandersetzung mit potenziellen ethischen Konflikten ist vor Durchführung eines Forschungsprojekts und noch viel mehr vor Etablierung einer Maßnahme entscheidend, da bei einer mächtigen Technologie die gesellschaftlichen Nebenwirkungen im Verlauf beträchtlich sein können.

Aus Mangel an Werkzeugen, die als Hilfestellung für diese Abwägungsprozesse dienen können, hat die Arbeitsgruppe auf dem Boden einer Analyse diverser ethischer Kodizes aus den Bereichen Technikfolgenabschätzung, der Öffentlichen Gesundheit/Public Health (Public Health Leadership Society 2002), der Forschung (World Medical Association 2013), der involvierten Fachdisziplinen (Medizinische Informatik (IMIA o.D.) und einer Studie zur ethischen Bewertung von Altersgerechten Assistenzsystemen (Manzeschke, Weber, Rother und Fangerau 2013) einen Katalog erstellt, der zur Diskussion eines mHealth-Kodex reichen soll. Die Elemente wurden nach dem etablierten medizinethischen Postulat von Beauchamp und Childress nach Autonomie, Wohltun, Nicht-Schaden und Gerechtigkeit (Beauchamp und Childress 2009) geordnet. Unserer Ansicht nach können die dargelegten Ansprüche und Aussagen als ethische Richtschnur für verantwortungsvolles Entwicklungs- und Anwendungshandeln im Bereich der „mHealth“-Systeme dienen (Albrecht und Fangerau 2015a). In der Tabelle 4 sind die wesentlichen Elemente aufgeführt.

3.4.6. Recht

Vielfach wurden innerhalb der Arbeit Stichworte wie Regulation, Medizinprodukt und CE-Kennzeichnung, genauso wie Datenschutz und Haftungsaspekte angebracht. Die folgenden Abschnitte sollen kurz in die Thematik einführen und die Grundproblematiken beschreiben. Bewusst wurde in dieser Arbeit auf die ausführliche Erläuterung der regulatorischen Thematik und Haftungsproblematik einer App als Medizinprodukt aufgrund der Komplexität verzichtet. Es sei hier auf unsere diversen Publikationen verwiesen (Pramann und Albrecht

2014b; Pramann und Albrecht 2015). Auf die für den Bereich der klinischen Forschung beim Einsatz von gesundheitsbezogenen Apps relevanten rechtlichen Aspekte soll in den folgenden Absätzen dennoch kurz eingegangen werden.

3.4.6.1. Regulation

Software kann zum Gegenstand medizinproduktrechtlicher Regulation werden, was für die Entwickler, Anbieter und Anwender nicht trivial ist. Ein Verstoß gegen die regulatorischen Vorgaben kann mit empfindlichen Strafen geahndet werden. Ferner bestehen zivilrechtliche Risiken, z.B. bezüglich Haftung und Wettbewerb. Im Kontext des Medizinprodukterechts ist es die sogenannte Zweckbestimmung der Software (hier: App), die der Hersteller festlegt und damit die Weichen für oder gegen die Regulation stellt. Eine App kann hierdurch zum Medizinprodukt mit Herstellerverantwortung und weiteren medizinproduktrechtlichen Konsequenzen werden. Das gilt auch für Apps, die in Studien eingesetzt werden. Eine App, die ein Medizinprodukt darstellt, darf in der Regel nur nach Durchlaufen eines Konformitätsbewertungsverfahrens, einer klinischen Bewertung und Anbringung einer CE-Kennzeichnung in den Verkehr gebracht werden. Hierunter ist auch die nicht kommerzielle Anwendung in der Forschung zu verstehen, wenn die App die Voraussetzungen entsprechend § 3 Medizinproduktegesetz (MPG)¹⁴ hierfür erfüllt. Die Abgrenzung, ob es sich um ein Medizinprodukt handelt oder nicht, ist mitunter schwer. Auf EU-Ebene und national wird an Abgrenzungskriterien und Orientierungshilfen für Hersteller gearbeitet (siehe MEDDEV 2.1/6-Leitfaden¹⁵). Auf nationaler Ebene bietet das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) Informationen¹⁶ an. Als grobe Orientierung lässt sich postulieren, dass eine App, die medizinisches Wissen und individuelle Patientendaten zusammenführt und damit dem Arzt bei der Diagnose, der Prognose und der Behandlung hilft, der Definition eines Medizinprodukts entspricht (Pramann und Albrecht 2014c). Software, die lediglich Daten archiviert, ist eher kein Medizinprodukt (Pramann 2012; Gärtner 2013).

Zu beachten ist ferner, dass die klinische Forschung am Menschen streng reguliert ist, um Menschen vor überraschender und gefährlicher Forschung zu schützen (Pramann und Albrecht 2014a). Es existieren eine Vielzahl an nationalen und internationalen Bestimmungen, die einzuhalten sind und an dieser Stelle aus Platzgründen nicht erläutert werden können. In Deutschland stellen das Arzneimittelgesetz (AMG)¹⁷ und Medizin-

¹⁴§ 3 MPG: „Medizinprodukte sind alle einzeln oder miteinander verbunden verwendeten Instrumente, Apparate, Vorrichtungen, Software, Stoffe und Zubereitungen aus Stoffen oder andere Gegenstände einschließlich der vom Hersteller speziell zur Anwendung für diagnostische oder therapeutische Zwecke bestimmten und für ein einwandfreies Funktionieren des Medizinproduktes eingesetzten Software, die vom Hersteller zur Anwendung für Menschen mittels ihrer Funktionen zum Zwecke

- a) der Erkennung, Verhütung, Überwachung, Behandlung oder Linderung von Krankheiten,
- b) der Erkennung, Überwachung, Behandlung, Linderung oder Kompensierung von Verletzungen oder Behinderungen,
- c) der Untersuchung, der Ersetzung oder der Veränderung des anatomischen Aufbaus oder eines physiologischen Vorgangs oder
- d) der Empfängnisregelung

zu dienen bestimmt sind und deren bestimmungsgemäße Hauptwirkung im oder am menschlichen Körper weder durch pharmakologisch oder immunologisch wirkende Mittel noch durch Metabolismus erreicht wird, deren Wirkungsweise aber durch solche Mittel unterstützt werden kann.“

¹⁵Die MEDDEV-Leitlinien der Europäischen Kommission werden von Expertengruppen erarbeitet und dienen der Hilfestellung und Vereinheitlichung der Anwendung und Auslegung der entsprechenden Vorschriften des europäischen Medizinprodukterechts. Sie haben keinen gesetzlich verbindlichen Charakter, nichtsdestotrotz haben sie durchaus Bedeutung. So zieht auch die Rechtsprechung bei der Auslegung von Vorschriften die Leitlinien heran (Brönnner, Meister, Breil und Albrecht 2016).

¹⁶„Orientierungshilfe Medical Apps“, Verfügbar unter http://www.bfarm.de/DE/Medizinprodukte/Abgrenzung/medical_apps/_node.html, Zugriff: 10.08.2016.

¹⁷Das Arzneimittelgesetz (AMG) regelt den Verkehr mit Arzneimitteln und bildet die wesentliche Rechtsgrundlage für Inhalt und Durchführung von klinischen Arzneimittelprüfungen in Deutschland (Pramann und Albrecht 2014a).

produktegesetz (MPG)¹⁸ mit den ergänzenden Verordnungen, Richtlinien und Normen sowie das Berufsrecht die rechtliche Grundlage dar. Medizinethische Kodizes, wie die Deklaration von Helsinki¹⁹, sind rechtlich nicht bindend, haben aber dennoch große Bedeutung wenn es um Forschungsprojekte am Menschen geht.

3.4.6.2. Haftung

Die Frage nach der Zweckbestimmung der App und der CE-Kennzeichnung ist insbesondere im Kontext der Haftung relevant. Die Entwicklung von Software für den medizinischen Bereich ist mit höheren Anforderungen an die Entwicklung und Dokumentation verbunden als in anderen Bereichen. Im Forschungskontext zeichnen Entwickler als Schöpfer der App gegenüber dem Studiensponsor verantwortlich. Letzterer haftet für Schäden, die durch die sachgemäße Anwendung entstehen. Der Sponsor hat eine Sorgfaltspflicht bezüglich der Sicherheit der Studienteilnehmer wahrzunehmen. Durch das Vertragsverhältnis zum Studienteilnehmer ist er zur ordnungsgemäßen Durchführung verpflichtet, das schließt natürlich die verwendeten technischen Hilfsmittel, sprich Apps, mit ein²⁰. Wird auf Produkte Dritter zurückgegriffen, kann präventiv empfohlen werden, nur CE-gekennzeichnete Apps für die eigenen Vorhaben zu verwenden (Royal College of Physicians 2015).

3.4.6.3. Datenschutz

Unabhängig vom rechtlichen Status der App als Medizinprodukt sind weitere rechtliche Aspekte zu beachten. Da die Funktionalität einer App in der Regel eine Datenerfassung, -verarbeitung, -sendung oder Speicherung mit einschließt, insbesondere im Rahmen von Forschungsprojekten, sind datenschutzrechtliche Belange relevant²¹. Der Datenfluss läuft von der Person, deren Daten aufgenommen werden, an den Prüfarzt und/oder den Sponsor und wird dort spätestens bewertet und gesammelt. Es handelt sich oftmals um persönliche schützenswerte Gesundheitsinformationen und gleichzeitig um wertvolle Forschungsdaten für den Wissenschaftler/Sponsor. Eine ungewollte Veröffentlichung, missbräuchlich oder nicht, kann zu einem sozialen Schaden (im Falle des Studienteilnehmers) oder sogar wirtschaftlichen Schäden (für den Sponsor und möglicherweise auch für die Teilnehmer) führen. Ein ausreichender Schutz dieser Daten liegt daher im Interesse aller beteiligten Parteien. Gesetzlich ist das Recht auf informationelle Selbstbestimmung im Rahmen des allgemeinen Persönlichkeitsrechts nach Art. 2 Abs. 1 in Verbindung mit dem Art. 1 Abs. 1 des Grundgesetzes geregelt. Das Individuum ist hiernach vor unbegrenzter Erhebung, Speicherung, Verarbeitung und Weitergabe seiner Daten zu schützen.²² Der Einzelne hat ein Recht auf die Vertraulichkeit seiner Daten und Integrität informationstechnischer Systeme.²³ Das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) ist neben den Regelungen des Arzneimittelgesetzes resp. Medizinproduktegesetzes bei Forschungsvorhaben einschlägig. Es regelt u.a. die Zulässigkeit der Datenerhebung, -verarbeitung, -nutzung und insbesondere der Einwilligung. Letztere ist allerdings nur gültig, wenn diese entsprechend § 4a BDSG aus freier Entscheidung und nach Aufklärung erfolgte. Der Wissenschaftler, resp. Sponsor, soll in der Aufklärung und Einwilligungserklärung zum Datenschutz daher deutlich über die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung hinweisen. Die Schriftform (die eigenhändige

¹⁸Das Medizinproduktegesetz (MPG) ist in Deutschland das wichtigste Regelwerk, welches den Verkehr mit Medizinprodukten regelt. Enthalten sind beispielsweise die Voraussetzungen, die für die erstmalige Abgabe an Dritte erfüllt werden müssen. Über die Vorschriften des MPG sind auch die genannten maßgeblichen Vorschriften der Europäischen Richtlinien zu Medizinprodukten in das nationale Recht einbezogen (Brönnner, Meister, Breil und Albrecht 2016).

¹⁹Die Deklaration von Helsinki (DoH) stellt die wesentlichen, international anerkannten Grundlagen der klinischen Forschung am Menschen und verbundene ethische Richtlinien zusammen (Pramann und Albrecht 2014a).

²⁰Dies gilt in ähnlicher Form auch, wenn ein Einsatz von Apps im diagnostischen oder therapeutischen Bereich durch professionelle Anwender erfolgt oder Empfehlungen zu Apps gegenüber Patientinnen und Patienten ausgesprochen werden (Hartz, von Jan und Albrecht 2016).

²¹Auch hier wird aus Platzmangel nur ein Einblick über die bundesdeutschen Verhältnisse gegeben. Natürlich handelt es sich insbesondere bei Apps um (gewollt) Landesgrenzen überschreitende Anwendungen, die diverse EU-Regulierungen berücksichtigen müssen. Exemplarisch seien hier die Data Protection Directive, ePrivacy Directive und eCommerce Directive genannt. Eine ausführliche Erläuterung zum gesetzlichen Rahmen findet sich bei (Brönnner, Meister, Breil und Albrecht 2016).

²²Bundesverfassungsgericht, BVerfGE 65, 1-71, „Zur Verfassungsmäßigkeit des Volkszählungsgesetzes 1983“.

²³Bundesverfassungsgericht, BVerfGE 120, 274-350.

Unterschrift auf einem Schriftstück²⁴) ist für die Erklärung der Einwilligung eine rechtliche Notwendigkeit, mit begründeten Ausnahmen. Nachlässigkeit oder anderes Fehlverhalten kann empfindlich mit einem Bußgeld entsprechend § 43 BDSG sanktioniert werden.

3.5. Sichere Entwicklung und Anwendung

Gesundheits-Apps, unabhängig vom Versorgungs- oder Forschungsansatz, haben medizinische und nicht-medizinische Aspekte der Gesundheit des Einzelnen und der Gemeinschaft im Fokus. Wie bereits ausführlich dargelegt, handelt es sich um sehr sensible Bereiche. Rechtlich wird für die Gesundheits-Apps, die ein Medizinprodukt darstellen, eine qualitätsgesicherte Entwicklung gefordert. Für diese, wie auch alle anderen Gesundheits-Apps lassen sich aus dem Nichtschadensgebot und der Forderung des „Wohltuns“ (Beauchamp und Childress 2009) Minimalanforderungen herleiten, um das Patientenwohl und -leben zu schützen (Vega und Miró 2014). Zu diesen zählen beispielsweise die Zuverlässigkeit, Korrektheit und Fehlerfreiheit (Fangerau, Griemert und Albrecht 2016).

Dieser Abschnitt soll die technischen Anforderungen darstellen, die eine qualitativ hochwertig entwickelte App ausmachen. Eine hohe Qualität der Applikationen und Maßnahmen sollte selbstverständlich sein. Aufgrund der liberalen Markteingangsvoraussetzungen, die keine Prüfung der inhaltlichen oder funktionalen Qualität vorsehen, finden sich zweifelsohne viele Anwendungen, die diesem Qualitätsanspruch nicht genügen. Oftmals ist den Herstellern ihre Verantwortung nicht bewusst, da sie im Entwicklungsportfolio primär Applikationen aus anderen, weniger kritischen Bereichen (z.B. Spiele und Lifestyle-Apps) umsetzen oder sich erstmalig mit der Thematik auseinandersetzen. Die Hersteller können am wirksamsten zur Verbesserung des Marktes mit qualitativ hochwertigen Apps beitragen. Es liegt auch in ihrem Interesse, sichere und vertrauenswürdige Anwendungen herzustellen, nicht nur als Verkaufsargument, sondern auch im Sinne der Haftungsprävention. Sie haben die rechtlichen Konsequenzen bei Funktionsausfall oder im Schadensfall zu tragen. Primär sind die Hersteller in der Verantwortung, sich über die Marktbedingungen und geltenden gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen (zum Beispiel in Bezug auf Regulierung, Datenschutzgesetze etc.) zu informieren und die notwendigen Schritte zu implementieren (Pramann und Albrecht 2014b).

3.5.1. Qualitätssicherung im App-Lebenszyklus

Die Qualitätssicherung in allen Phasen des Lebenszyklus, von der Planung, über Anwendung bis hin zur Einstellung einer Anwendung, ist entscheidend für eine sichere Entwicklung. Für die Softwareentwicklung im Medizinprodukteumfeld ist die Berücksichtigung einiger dieser Normen quasi Voraussetzung (DIN EN 62304²⁵ sowie DIN EN ISO 13485²⁶). Erstere stellt einen Prozess zur Herstellung und Wartung von Software bereit, während letztere die Norm zur Umsetzung eines Qualitätsmanagementsystems für Medizinprodukte darstellt. Ziel ist die Festlegung der Basisanforderungen an Prozesse für das Design, die Entwicklung, Produktion, Installation und Instandhaltung von Medizinprodukten (Brönnert, Meister, Breil und Albrecht 2016). Auch die Gewährleistung der Sicherheit der Anwender bzw. Anwendungsempfänger und der Umwelt stehen im Fokus. Innerhalb der Europäischen Union erfüllt ein Qualitätsmanagementsystem die Anforderungen der Medizinprodukterichtlinie 93/42 EWG des Rates²⁷, wenn es die DIN EN ISO 13485 berücksichtigt. Diese beiden exemplarisch aufgeführten Normen sind durch eine Fülle weiterer zu ergänzen (z.B. bezüglich Risikomanagement,

²⁴§ 126 BGB regelt: „Ist durch Gesetz schriftliche Form vorgeschrieben, so muss die Urkunde von dem Aussteller eigenhändig durch Namensunterschrift oder mittels notariell beglaubigten Handzeichens unterzeichnet werden.“ (BGB 2002)

²⁵DIN EN 62304 Medizingeräte-Software – Software- Lebenszyklus-Prozesse

²⁶DIN EN ISO 13485: Medizinprodukte – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen für regulatorische Zwecke

²⁷Die europäische Medizinprodukterichtlinie Richtlinie 93/42/EWG des Rates vom 14. Juni 1993 über Medizinprodukte – Medical Device Directive (MDD) – dient der Regulierung der Sicherheit und der medizinisch-technischen Leistungsfähigkeit von Medizinprodukten in der EU. Die letzte Modifikation trat mit der Änderungsrichtlinie 2007/47/EG vom 05.09.2007 am 11.10.2007 in Kraft.

Informationssicherheit, Gebrauchstauglichkeit), die aber aus Platzgründen an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Vertiefend werden sie in der kürzlich abgeschlossenen CHARISMHA-Studie (Albrecht 2016a; Bröner, Meister, Breil und Albrecht 2016) dargestellt.

3.5.2. Produktbezogene Qualitätskriterien

Laut DIN EN ISO 9001 beruht Qualität auf der Befriedigung der impliziten und expliziten Bedürfnisse der Kunden und lässt sich somit anhand der Kundenzufriedenheit messen. Aus Nutzerperspektive können folgende relevante Qualitätskriterien entsprechend ISO/IEC 25010²⁸ herangezogen werden. Im Wesentlichen werden fünf Punkte angegeben, die von qualitativ hochwertiger Software berücksichtigt werden müssen: Die Software soll primär für den spezifischen Anwendungsfall geeignet sein (1). Zweitens sollte der Applikationsfokus anpassbar sein (2). Die Software sollte auch bei der Durchführung das vorgegebene Ziel effizient und effektiv (3) erreichen lassen, während die Risiken zur Beeinträchtigung des finanziellen oder sozialen Status, der Gesundheit oder Umwelt so weit wie möglich reduziert sein sollen (4). Der praktische Nutzen soll hoch sein und die Bedürfnisse des Benutzers in einer komfortablen und zufriedenstellenden Weise befriedigen. Dazu gehört eine gute Bedienbarkeit genauso, wie dass die Software ihre Funktion verlässlich und erwartungskonform ausführt und die Anwenderinnen und Anwender zufriedenstellt (5). Auf der Grundlage dieser Norm, aber auch ergänzt durch die genannten Aspekte in PAS 277:2015²⁹ und Richtlinien, die weiter von anderen Organisationen aufgegriffen wurden, wurden die wesentlichen Punkte in der Tabelle 5 zusammengetragen. Diese können bei Planung und Entwicklung einer App Hilfestellung bieten.

Tabelle 5.: Qualitätskriterien für Software, anwendbar auf Gesundheits-Apps, gekürzte Zusammenstellung (nach Bröner, Meister, Breil und Albrecht 2016).

Kriterium	Erläuterung
Funktionalität	Die App soll die expliziten und impliziten Bedürfnisse ihrer Benutzer erfüllen. Die implementierten Funktionen müssen die Bedürfnisse der Nutzer befriedigen (funktionelle Integrität). Der Nutzer darf erwarten, dass die Funktionen einwandfrei und sicher umgesetzt wurden.
Effizienz	Die App darf keine der verfügbaren Ressourcen unnötig beanspruchen. Idealerweise sollten die Funktionen effizient ausgeführt werden, was z.B. schnelle Reaktionen auf Benutzereingaben und schnelle Berechnung und Darstellung der Ergebnisse mit einschließt.
Kompatibilität	Die App soll friedlich mit anderen Anwendungen auf dem selben Gerät koexistieren und nicht deren Funktionalitäten (unbeabsichtigt) stören. Zudem sollte für Interoperabilität gesorgt werden, z.B. durch den Einsatz standardisierter Formate bzw. Protokolle für Datenaustausch mit anderen mobilen wie nicht-mobilen Anwendungen bzw. Diensten.
Gebrauchstauglichkeit	Eine attraktive und einfache Schnittstelle versetzt Anwender in die Lage, die zur Verfügung gestellten Funktionen effizient und sicher zu nutzen. Funktionen sollen daher leicht zugänglich (auch für Menschen mit körperlichen oder kognitiven Einschränkungen) und erlernbar sein. Fehlbedienungen soll durch entsprechende Konzepte verhindert werden. Eine ästhetisch ansprechende Oberfläche unterstützt diese Ziele zusätzlich.

Fortsetzung nächste Seite

²⁸ISO/IEC 25010 Software- Engineering – Qualitätskriterien und Bewertung von Softwareprodukten (SQuaRE) – Qualitätsmodell und Leitlinien.

²⁹PAS 277:2015, Health and wellness apps – Quality criteria across the life cycle – Code of practice.

Tabelle 5.: Fortsetzung

Kriterium	Erläuterung
Verlässlichkeit	Zuverlässigkeit schließt nicht nur die zufriedenstellende Funktionalität unter normalen Bedingungen ein. Bei Hardware oder Softwarefehlern soll die grundlegende Funktionalität immer noch gegeben sein – wenn überhaupt möglich (Fehlertoleranz). Bei einer vorübergehenden Unterbrechung oder Ausfall soll es möglich sein, den vorherigen Zustand und/oder Daten wieder herzustellen (Wiederherstellbarkeit).
Datenschutz	Alle in einer App eingegeben Daten müssen vor unbefugtem Zugriff geschützt werden. Dies kann die Implementierung von rollenbasierten Zugriffsmodellen notwendig machen, wenn der Zugriff für mehrere Benutzer möglich ist. Es sollte möglich sein, den Zugriff auf Daten zu verfolgen, sowie alle Änderungen, die daran gemacht wurden (Rückverfolgbarkeit).
Datensicherheit	Die Daten müssen sicher aufbewahrt werden– nicht nur vor unbefugtem Zugriff geschützt werden. Es ist für eine ausreichende Verschlüsselung bei der Übertragung und Speicherung zu sorgen. Ferner sollen Maßnahmen ergriffen werden, die vor Datenmanipulation schützen.
Wartbarkeit	Apps sollen leicht wartbar gestaltet werden. Beispielsweise kann mit Hilfe eines modularisierten Ansatzes eine App einfach erweitert oder bestehende Module bearbeitet werden. Das erfordert einen gut dokumentierten Code mit ausgestalteten Schnittstellen zwischen den Modulen. Auch sollte darauf geachtet werden, dass die App und ihre Funktionalität leicht mit vordefinierten Kriterien analysiert und getestet werden kann, um ihre Funktion nach Änderungen zu prüfen. Änderungen sollen keine unbeabsichtigten Auswirkungen auf die Funktionalität haben.
Portabilität	Um die Funktionalität über einen längeren Zeitraum zu gewährleisten, sollen die Anwendungen so konstruiert sein, dass sie auf neue Hard- und Software leicht anpassbar sind. Wo immer möglich, soll auf standardisierte Formate zur Aufbewahrung/zum Austausch zurückgegriffen werden, um den einfachen Austausch von Daten mit ähnlicher Software zu ermöglichen.
Nutzersicherheit	Um potenzielle Gesundheitsrisiken zu vermeiden, sollen Best-Practice-Ansätze berücksichtigt werden. Es müssen Schutzmechanismen für die Fälle implementiert werden, in denen Risiken nicht ausgeschlossen werden können. Außerdem müssen die Nutzer über mögliche Risiken für ihre Gesundheit informiert werden.
Rechtskonformität	Entwickler müssen rechtliche und regulatorische Anforderungen befolgen, wo sie anwendbar sind. Da Apps oft international distribuiert werden, müssen Entwickler sich über die jeweiligen Rechtsvorschriften informieren, bevor sie ihre Anwendungen auf den Markt bringen. Falls erforderlich, sollten sie die Apps auf bestimmte Märkte beschränken.

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 5.: Fortsetzung

Kriterium	Erläuterung
Transparenz	Der Entwickler muss transparente Informationen über verschiedene Aspekte zur Verfügung stellen, z.B.: Impressum: Informationen über die Entwickler inkl. Meta-Daten in Bezug auf die Anwendung, das heißt Versionsnummern, Datum der Veröffentlichung usw. Rationale: Informationen, die über den Zweck der App, die Zielgruppe und Zweckbestimmung Auskunft geben. Funktionalität: Klare Beschreibung der integrierten Funktionen, mögliche Einschränkungen sowie Usability- Aspekte und die Zugänglichkeit. Gültigkeit und Zuverlässigkeit: Zur Qualitätssicherung eingesetzte Methoden, sowie Angaben zu den bei der Implementierung verwendeten Informationsquellen der App-Inhalte und Funktionalitäten sollten den Nutzern zugänglich gemacht werden, damit sie sich eine Meinung über die App bilden können. Umgang mit Daten: Informationen über Maßnahmen, die dazu dienen, den Datenschutz und die Privatsphäre zu gewährleisten, sowie ob die App externe Speichermöglichkeiten nutzt oder Daten an Dritte weitergegeben werden.

3.5.3. Transparenz

Die Forschenden haben in der Regel selbst einen Gestaltungsspielraum, wenn eigene Apps für das Forschungsvorhaben entwickelt werden. Sie können auf die Qualität der Entwicklung direkt oder indirekt Einfluss nehmen. Anders stellt es sich bei Apps dar, die von Dritten erstellt wurden, ohne dass die Forschenden hier mitgewirkt hätten. Es gibt eine Vielzahl an „vielversprechenden“ Apps in den Stores, die auch für Forschungsvorhaben genutzt werden könnten, da sie mit ihrer Funktionalität das Gewünschte abzudecken scheinen. Die Versuchung ist nachvollziehbar groß, vorhandene Apps zu nutzen und „das Rad“ nicht kosten- und zeitaufwändig neu zu erfinden. Doch ist die Einbindung dieser Apps ohne genaue Kenntnis über den Herstellungsprozess, die valide Funktionalität und die verwendeten Inhalte riskant (siehe z.B. Huckvale, Car, Morrison und Car 2012; Huckvale, Morrison, Ouyang, Ghaghda und Car 2015; Wicks und Chiauzzi 2015; Huckvale, Adomaviciute, Prieto, Leow und Car 2015). Schnell kann sich hier eine Verzerrung der mit der App erlangten Ergebnisse einstellen, wenn auf (unbekannte) fehlerhafte Algorithmen, auf fraglichen Quellen beruhende Informationen zurückgegriffen wurde oder die Programmierung nachlässig erfolgte. Ergänzend kommt das Risiko hinzu, dass die Datenaufnahme, -verarbeitung, -speicherung und -sendung unzuverlässig sein kann und, im schlimmsten Falle, dadurch unsicher wird und Daten missbräuchlich abgefangen werden können. Es spricht nur wenig gegen die Einbeziehung einer App von Dritten in eigene Forschungsvorhaben, doch sollte die Auswahl mit der entsprechenden Verantwortung, die gegenüber den Studienteilnehmern, dem Sponsor und der wissenschaftlichen Gemeinschaft geboten ist, getroffen werden.

Diese Auswahl zu treffen stellt sich allerdings aufgrund der vielzitierten Marktdynamik schwierig dar. Wenige regulierte Apps stehen unzähligen unregulierten in den Stores gegenüber. Die App Stores geben allenfalls spärlich Hinweise zur Qualität. Auch wenn teilweise irreführend von einer Überprüfung durch die App Stores gesprochen wird, handelt es sich hier allenfalls um eine oberflächliche Augenscheinnahe und Einschätzung, ob die App gegen firmeninterne Vorgaben verstößt. Inhaltliche oder funktionale Testungen auf Gesundheitsbelange werden nicht durchgeführt. Dem Bedarf an fachlichen Einschätzungen von Dritten wird ein neuer Markt der Zertifizierungen entgegengesetzt. Diverse Unternehmen bieten Tests für Apps an, die allerdings ebenfalls auf ihre Gültigkeit hin zu prüfen wären. Die Anbieter geben jedoch nur selten Aufschluss über die verwendeten Testverfahren, womit sich eine Einschätzung der Seriosität dieser Angebote oft nicht erschließt. Diesen Modellen ist eher mit gesunder Skepsis zu begegnen. Der Anspruch an die Testung sollte entsprechend hoch sein, um der Zertifizierung vertrauen zu können Albrecht 2016b. Tabelle 6 fasst die Anforderungen an Zertifizierer und Zertifizierung zusammen.

Tabelle 6.: Anforderungen an Zertifizierer und Zertifizierung nach (Albrecht 2016b).

Kriterium	Erläuterung
Unabhängigkeit	Die Motivation des Anbieters, seine Finanzierung etc. soll auf Unabhängigkeit zielen.
Analyseziele	Die Analyseziele müssen realisierbar sein und klar benannt werden.
Analysetiefe	Diese richtet sich nach dem Analyseziel. Die Analysetiefe muss zumindest ausreichend sein, um das Ziel zu erreichen.
Analysemethoden	Die Methoden müssen angemessen, nach dem neuesten Stand der Technik, veröffentlicht bzw. erläutert werden und legal sein.
Methodengüte	Die Methoden müssen den Testgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität entsprechen.
Qualitätsmanagement	Die Analysen müssen qualitätsgesichert werden.
Transparenz	Offener Umgang mit allen oben genannten Punkten inkl. Interessenkonflikten zur Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit. Benennung von externen Zertifizierern/ Prüfbeauftragten und eine klare und umfangreiche Formulierung der Zertifizierungskriterien, die öffentlich zur Verfügung gestellt werden.

Die schnellste und offensichtlichste Bewertung erfolgt durch Nutzerbewertungen und Kommentare. Die Einschätzung der Validität dieser Aussagen zum Produkt ist kaum möglich, da nahezu jeder seine Bewertung abgeben kann (Albrecht, Pramann und von Jan 2015). Ob sie oder er dazu fachlich/technisch in der Lage ist und die nötige Qualifikation besitzt, bleibt oft im Unklaren. Welche Rolle Nutzerbewertungen bei der Positionierung in den Stores haben bzw. welche Kriterien dazu führen, dass eine App in den Stores durch die Betreiber „gepusht“ oder abgewertet – und damit für Interessenten sichtbarer oder schwerer auffindbar – wird, wird von den Betreibern ebenfalls nicht offengelegt; hier spielen sicherlich auch andere Faktoren eine Rolle. Auch Anwenderinnen und Anwender scheinen sich inzwischen nicht (mehr) allein auf die Bewertungen zu verlassen: Eine jüngst in der Arbeitsgruppe durchgeführte Analyse der Kategorien „Medizin“ und „Gesundheit und Fitness“ des Google Play Stores, bei der die verfügbaren Informationen zu den in den beiden Kategorien angebotenen Apps skriptbasiert ausgelesen wurden, zeigte in diesem Zusammenhang, dass die Popularität von Apps nicht unbedingt nur von den Nutzerbewertungen abhängt (Pustozarov, von Jan und Albrecht 2016): Populäre Applikationen mit einer großen Anzahl an Downloads hatten in der Analyse zumeist nur durchschnittliche Bewertungen seitens der Nutzer erhalten, während seltener heruntergeladene hier entweder äußerst positiv oder extrem schlecht bewertet wurden.

Die Situation ist unübersichtlich und die Verantwortung bleibt beim Wählenden. Um diesen in die Lage zu versetzen, eine bewusste Entscheidung für oder gegen das Produkt treffen zu können, muss er die Chance haben, sich umfänglich über die App informieren zu können. In der Literatur sind – für unterschiedliche Zielgruppen und Anwendungszwecke – verschiedene Ansätze beschrieben, die bei der Bewertung der vorhandenen Informationen helfen können (z.B. Bonacina, Marceglia und Pincirolì 2014; Albrecht, Pramann und von Jan 2014a; Stoyanov et al. 2015; Hale, Capra und Bauer 2015; Basilio, Marceglia, Bonacina und Pincirolì 2016). Diese können auch im Forschungskontext Orientierung bieten.

Seriöse Hersteller sind bezüglich ihres Produktes transparent und bieten die nötigen Information an. Auf dieser Basis lässt sich nicht nur eine individuelle Risiko-Nutzen-Abwägung durchführen. Es bietet vielmehr der Hersteller Informationen an, die als Messlatte und als Grundlage für eine – wie auch immer geartete – Testung dienen können. Tab. 7 gibt das Gerüst an Minimalangaben vor. Ausführlich wird dies u.a. in (Albrecht, Pramann und von Jan 2014b) und (Albrecht, Pramann und von Jan 2014b; Albrecht, Pramann und von Jan 2015) beschrieben.

Je nach Einsatzzweck variieren die interessierenden Angaben inhaltlich, in der Struktur gibt es aber wenig Spielraum. Forschende sollen sich im Vorfeld klare Vorstellungen darüber machen, was die App können soll und was nicht.

Tabelle 7.: Inhalte einer transparenten Auskunft nach Albrecht, Pramann und von Jan 2015.

Kriterium	Erläuterung
Rationale	Klare Beschreibung des App-Nutzens.
Funktion	Klar und umfassend beschriebene App-Funktionalität.
Risiken	Darstellung etwaiger Risiken und Limits der App.
Validität	Angaben zur Wirksamkeit der App (inkl. Belege). Identifizierung der Autoren von Inhalten. Angabe der Autorenqualifikationen. Angabe von Quellen der Inhalte und ihrer Verlässlichkeit. Angaben zu Interessenkonflikten. Angaben zur Prüfung der App durch Dritte (Regulation oder private Zertifizierung).
Datenschutz/ Datensicherheit	Angaben zur möglichen Funktionalität der App, wenn auf Eingabe persönlicher Daten verzichtet wird. Angaben zur Freiwilligkeit der Datenerfassung. Angaben über Kontrollmöglichkeiten des Nutzers. Vorhandensein einer Datenschutzerklärung.
Impressum	Kontaktinformationen zum Hersteller/Anbieter.

Da der Aufwand, diese Information (auch standardisiert) anzubieten gering ist, gibt es keinen Hinderungsgrund für die Hersteller diese anzubieten. Fehlen diese (bislang noch freiwilligen) Angaben, sollte auf die Nutzung verzichtet werden. Letztendlich ist es der (professionelle) Anwender, der die App im medizinischen Forschungskontext nutzt und er steht noch vor allen anderen Akteuren in der Verantwortung, die er zum Wohle seiner Patienten oder Studienteilnehmer wahrnehmen muss.

3.6. Fazit

Um mHealth „smart, evident und sicher“ anbringen zu können, ist eine interdisziplinäre Auseinandersetzung mit der Thematik und Einbeziehung sämtlicher Stakeholder notwendig. Der vielseitige und adaptive Charakter der Technologie stellt eine große Herausforderung an die jeweiligen Entscheider, von der Politik bis auf die Anwenderebene, dar. Die Risiko-Nutzen-Abwägung ist für alle Ebenen eine Notwendigkeit. Grundlage hierfür bildet die Evidenz zu Nutzen und Risiken, die unter wissenschaftlichen Voraussetzungen erarbeitet werden muss. Hierfür sind gut geplante Studien essentiell, um valide Ergebnisse zu generieren. Diese Forschung muss den Ansprüchen der Guten Wissenschaftlichen Praxis genügen und dabei ethischen Grundsätzen folgen. Hier sind neue Aspekte zu berücksichtigen, da die Technologie nicht nur intensiv in sensiblen Bereichen eingesetzt wird, sondern auch unsere alltägliche Lebenssituation und Lebensumstände jederzeit und überall dokumentieren und diese Information (auch unbemerkt) an unbekannte Dritte weiterleiten kann. Jede wirksame Methode hat auch Nebenwirkungen und ein Schadenspotenzial. Diese Nebenwirkungen und möglichen Schäden sind in Bezug auf mHealth noch kaum erforscht. Gerade deswegen ist es die Pflicht des Forschenden, in Bezug auf seine mHealth-Methode präventiv alles zu berücksichtigen, was etwaige Risiken zu verhindern hilft. Primär ist es die qualitätsgesicherte Entwicklung einer App, die unter dem Bewusstsein eines Risikopotenzials zur Minimierung desselben führt und eine sichere Anwendung verspricht. Der Einsatz von Apps ohne gesicherte Kenntnisse zur Funktionalität, dem Nutzen sowie Limitationen und Risiken ist riskant für die Anwender. Die Information über diese Aspekte gelingt über bereitgestellte Informationen der Hersteller. Fehlen diese, müssen andere Quellen bemüht werden. Studienergebnisse sind hier – adäquate Planung und Umsetzung vorausgesetzt – eine der Quellen mit der höchsten Transparenz über ihre Entstehung. Inwiefern diese Ergebnisse jedoch den tatsächlichen Nutzen in der Lebenswirklichkeit der Anwender widerspiegeln, hängt vom Studiendesign ab. In jedem Falle muss im Vorfeld klar sein, was der Nutzen sein soll, um ihn belegen zu können. Die Methoden werden hierzu zwangsläufig entwickelt werden, da der Bedarf nach validen Aussagen enorm ist. Der Erfolg der Technologie hängt hiervon ab. Ohne entsprechende

Nachweise wird sich kein nachhaltiges Vertrauen gegenüber mHealth einstellen und die Etablierung frühzeitig stagnieren, ohne, dass je ergründet worden wäre, wo das wirkliche Potenzial von Apps und Co. für die Gesundheitsverbesserung läge, geschweige denn, es nur annähernd ausgeschöpft zu haben.

Zusammenfassung und Ausblick

Unbestritten bietet mHealth das Potenzial durch eine Patienten-zentrierte Anwendung die Gesundheit zu verbessern. Eine Risiko-Nutzen-Abwägung unter Berücksichtigung von medizinischen, ethischen, rechtlichen, ökonomischen und politischen Aspekten ist zur Rechtfertigung von Bemühungen der Entwicklung, Implementierung, Anwendung und Vergütung unabdingbar. Gestützt werden diese Prozesse durch Evidenz. Die in der vorliegenden Arbeit zusammengestellten Artikel zeigen unterschiedliche Methoden zur Erlangung von wissenschaftlicher Evidenz zum Status quo bezogen auf mHealth-Nutzung, mögliche Bedarfe und Adoptionsbarrieren mit dem Fokus auf Gesundheits-Apps für verschiedene Nutzergruppen im medizinischen Umfeld auf. Diese Aspekte werden am Beispiel der Anwendungsbereiche Hygiene, Kommunikation, Dokumentation und Lehre weiter vertieft, wobei folgende Erkenntnisse und Erfolge errungen wurden:

Die gleichzeitige Befragung der Mediziner und Patienten an der Medizinischen Hochschule Hannover lieferte eine Momentaufnahme der mHealth-Situation im medizinischen Umfeld, jenseits von hauptsächlich anekdotischen Berichten der Fachpresse. Sie half bei der Einschätzung des erwarteten Nutzens und (konkreter) Barrieren der Technologie am lokalen Standort mit portierbaren Ergebnissen bezüglich Adoptionshindernissen im Allgemeinen. Mit der Studie um die „deBac-App“ konnte erstmals in einem komparativen Design an Tablet-PC die Kontamination mit bakteriellen Erregern (inkl. Erregerprofil) und deren Elimination mittels Wischdesinfektion quantitativ bewiesen werden. Die Studie hat die Hygienes Diskussion um privat in das klinische Setting verbrachte Mobilgeräte intensiviert. Ferner wurde eine App zur Aufklärung, Anleitung und Dokumentation entwickelt, die deutschlandweit in Kliniken erfolgreich eingesetzt wird und zum Patientenschutz beiträgt. Die Arbeit zu Übersetzungs-Apps animierte uns zur Entwicklung der Gebärdensprachanwendung „iSignit-app“, die international ausgezeichnet wurde und seither in unterschiedlichen Settings eingesetzt wird. Die Erkenntnis um die notwendigen Rahmenbedingungen einer erfolgreichen Etablierung (Akzeptanz) von Gesundheits-Apps war ein bisher wenig beachteter Aspekt, den wir hier anbringen konnten. Der Google Glass Artikel war international eine der ersten publizierten wissenschaftlichen Untersuchungen zu diesem Formfaktor überhaupt. Als Besonderheit kommt hinzu, dass es vermutlich die erste wissenschaftliche Veröffentlichung der Untersuchung einer medizinischen Eigenentwicklung für Google Glass war. Mit „mARble“ schufen wir eine der ersten mobilen Augmented Reality Anwendungen im Lernkontext professioneller Aus- und Weiterbildung. Insbesondere die Untersuchung der emotionalen und identifizierenden Komponenten im Kontext mit Augmented Reality war eine neuer Aspekt. Die App und die wissenschaftlichen Evaluationen wurden international prämiert.

Die behandelten Themen sind so vielfältig, wie die Möglichkeiten, die die Technologie uns bietet. Zukünftig werden von uns die Bemühungen der Interdisziplinarität der Forschung zum Thema mHealth intensiviert werden, um so viele Schnittstellen wie möglich zu identifizieren und zu bearbeiten. Hierbei sollen neue Methoden erarbeitet werden, die eine effiziente und gültige, aber die der Technik und Markt innewohnende Dynamik berücksichtigende Evaluation ermöglicht. Wir werden uns zeitnah der Frage nach teil-automatisierten Prozessen zur Analyse des bestehenden App-Angebots widmen, um neben einer Kategorisierung auch qualitative Aussagen zu einzelnen Apps treffen zu können. Hierzu sollen Machine-Learning-Methoden angewendet werden, um der Datenmenge durch lernende Systeme begegnen zu können. Die hierfür nötigen Vorarbeiten werden zur Zeit durch unsere Doktoranden geleistet.

Grundsätzliches Ziel meiner Arbeit bleibt es, weitere Beiträge in der Diskussion um Entwicklung, Nutzen, Qualität, Zugang, Evaluation und Vergütungsoptionen zu liefern, die zur Implementierung qualitativ hochwertiger mHealth-Technologie in der Versorgung führen und letztlich das oben angeführte Potenzial auszuschöpfen helfen, um so zur Verbesserung der Gesundheit vieler beizutragen.

Literatur

Publikationen des Habilitanden sind durch **Fettdruck** gekennzeichnet.

- Ahmad F, Hudak PL, Bercovitz K, Hollenberg E und Levinson W (2006). Are Physicians Ready for Patients With Internet-Based Health Information? In: *J Med Internet Res* 8(3), e22. DOI: 10.2196/jmir.8.3.e22 (→ S. 35).
- Aktion Saubere Hände. *Die "Aktion Saubere Hände"*. Zugriff: 27.07.2016. URL: <http://www.aktion-sauberehaende.de/ash/ash/> (→ S. 37).
- Albani C, Blaser G, Geyer M, Schmutzer G, Brähler E, Bailer H und Grulke N (2005). Überprüfung der Gütekriterien der deutschen Kurzform des Fragebogens „Profile of Mood States“ (POMS) in einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe. In: *Psychother Psychosom Med Psychol* 55(7), S. 324–330. DOI: 10.1055/s-2004-834727. PMID: 15986282 (→ S. 27, 28, 40).
- Albrecht UV** (2013). Transparency of Health-Apps for Trust and Decision Making. In: *J Med Internet Res* 15(12), e277. DOI: 10.2196/jmir.2981 (→ S. 4).
- Albrecht UV** (2015). Biomedical Research Goes Mobile. App-Baukästen für die Forschung. In: *Dtsch Arztebl* 112(17), A-774/B-653/C-627. URL: <http://www.aerzteblatt.de/archiv/169367> (→ S. 43).
- Albrecht UV** (2016a). *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA); engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00060000> (→ S. iv, 3–5, 35, 42, 43, 49).
- Albrecht UV** (2016b). Kapitel 13. Orientierung für Nutzer von Gesundheits-Apps. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA), engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 282–300. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60020> (→ S. 51, 52).
- Albrecht UV** (2016c). Kapitel 8. Gesundheits-Apps und Risiken. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA), engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 176–192. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60014> (→ S. 13, 41).
- Albrecht UV** (2016d). mHealth – Revolution durch Evolution? In: *E-HEALTH-COM*, im Druck (→ S. 33).
- Albrecht UV** und Becker S (2016). Mobilapplikationen. Neue Wege in der Versorgung nierenkranker Patienten? In: *Dialyse aktuell* 20(06), S. 280–284. DOI: 10.1055/s-0042-109895. URL: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0042-109895> (→ S. 5).
- Albrecht UV**, Behrends M, Matthies HK und von Jan U (2012). Medical Students Experience the Mobile Augmented Reality Blended Learning Environment (Marble®): An Attractive Concept for the Net Generation? In: *Ubiquitous and Mobile Learning in the Digital Age*, S. 109–113. DOI: 10.1007/978-1-4614-3329-3_7 (→ S. 25).
- Albrecht UV**, Behrends M, Schmeer R, Matthies HK und von Jan U (2013). Usage of multilingual mobile translation applications in clinical settings. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 1(1), e4. DOI: 10.2196/mhealth.2268. PMID: PMC4114476 (→ S. 17, 18, 20).
- Albrecht UV**, Engeli S und von Jan U (2016). Mit Apps durch Dick und Dünn? In: *Adipositas* 10(1), S. 43–50. URL: <http://www.schattauer.de/de/magazine/uebersicht/zeitschriften-a-z/adipositas/inhalt/archiv/manuscript/25582.html> (→ S. 2).

- Albrecht UV** und Fangerau H (2015a). „Brauchen wir eine mHealth Ethik?“ In: *GMDS 2015: 60. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie e. V. (GMDS)*. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House, DocAbstr 174. DOI: 10.3205/15gmds046. URL: <http://www.egms.de/static/en/meetings/gmds2015/15gmds046.shtml> (→ S. 45).
- Albrecht UV** und Fangerau H (2015b). Do Ethics Need to Be Adapted to mHealth? A Plea for Developing a Consistent Framework. In: *World Med J* 61 (2), S. 72–75. URL: <http://www.wma.net/en/30publications/20journal/pdf/wmj201502.pdf> (→ S. 42, 44).
- Albrecht UV**, Folta-Schoofs K, Behrends M und von Jan U (2013). Effects of mobile augmented reality learning compared to textbook learning on medical students: randomized controlled pilot study. In: *J Med Internet Res* 15 (8), e182. DOI: 10.2196/jmir.2497. PMID: PMC3758026 (→ S. 24–29, 40).
- Albrecht UV**, Höhn M und von Jan U (2016). Kapitel 2. Gesundheits-Apps und Markt. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA)*, engl. *Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 62–82. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60007> (→ S. 3, 4).
- Albrecht UV**, Jungnickel T und von Jan U (2014). Readout: Health Apps and their Data Sending Behaviour. In: *Biomed Tech* 59 (s1), S. 676–680 (→ S. 41).
- Albrecht UV**, Noll C und von Jan U (2013). Explore and experience: mobile augmented reality for medical training. In: *Stud Health Technol Inform* 192, S. 382–386. DOI: 10.3233/978-1-61499-289-9-382. PMID: 23920581 (→ S. 25).
- Albrecht UV** und Pramann O (2014). Chapter 4. The “Clinical Trial App”. In: *Re-Engineering Clinical Trials*. Hrsg. von P Schüler und BM Buckley. Academic Press, S. 31–38. ISBN: 9780124202467 (→ S. 42).
- Albrecht UV**, Pramann O und von Jan U (2012). Medical-Apps: App-gehört – Datenschutzrisiken. In: *Dtsch Arztebl* 109 (44), A–2213/B–1805/C–1769. URL: <http://www.aerzteblatt.de/archiv/132100/Medical-Apps-App-gehört-Datenschutzrisiken> (→ S. 41, 42).
- Albrecht UV**, Pramann O und von Jan U (2013). Smart Devices: Mobile Labore für Feldversuche. In: *Dtsch Arztebl* 110 (31–32), A–1478/B–1301/C–1285. URL: <http://www.aerzteblatt.de/archiv/144646> (→ S. 42, 43).
- Albrecht UV**, Pramann O und von Jan U (2014a). „App-Synopsis: Checkliste zur Selbsteinschätzung der Vertrauenswürdigkeit von Health-Apps“. In: *59. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie e. V. (GMDS)*. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House, DocAbstr. 341. DOI: 10.3205/14gmds111 (→ S. 52).
- Albrecht UV**, Pramann O und von Jan U (2014b). Chapter 7: Synopsis for health apps – transparency for trust and decision making. In: *Social media and mobile technologies for healthcare*. Hrsg. von M Househ, E Borycki und A Kushniruk. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, S. 94–108 (→ S. 10, 52).
- Albrecht UV**, Pramann O und von Jan U (2015). Medical Apps – The Road To Trust. In: *EJBI* 11 (3), en7–en12. URL: <http://www.ejbi.org/en/ejbi/artinfo/206-en-28.html> (→ S. 52).
- Albrecht UV** und von Jan U (2014). Medical apps in endocrine diseases – hide and seek. In: *Ther Adv Endocrinol Metab* 5 (2), S. 23–33. DOI: 10.1177/2042018814539375. PMID: PMC4141527 (→ S. 2).
- Albrecht UV** und von Jan U (2016). Kapitel 1. Einführung und Begriffsbestimmung. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA)*; engl. *Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 48–61. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60005> (→ S. 2, 3).
- Albrecht UV**, von Jan U, Krückeberg J, Behrends M und Matthies HK (2011). „Medical Students Experience the Mobile Augmented Reality Blended Learning Environment mARble – An attractive concept for the Net-generation?“ In: *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2011)*. IADIS Press, S. 263–226 (→ S. 25, 26).
- Albrecht UV**, von Jan U, Kuebler J, Zoeller C, Lacher M, Muensterer OJ, Ettinger M, Klintschar M und Hagemeyer L (2014). Google Glass for documentation of medical findings: evaluation in forensic medicine. In: *J Med Internet Res* 16 (2), e53. DOI: 10.2196/jmir.3225. PMID: PMC3936278 (→ S. 20–24, 39).

-
- Albrecht UV**, von Jan U, Pramann O und Fangerau H (2016). Kapitel 7. Gesundheits-Apps im Forschungskontext. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits- Apps (CHARISMHA)*, engl. *Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 160–175. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60013> (→ S. 33, 42, 43).
- Albrecht UV**, von Jan U, Sedlacek L, Groos S, Suerbaum S und Vonberg RP (2013). Standardized, App-based disinfection of iPads in a clinical and nonclinical setting: comparative analysis. In: *J Med Internet Res* 15 (8), e176. DOI: 10.2196/jmir.2643. PMCID: PMC3758047 (→ S. 11, 13, 15, 17).
- Anderson C, Henner T und Burkey J (2013). Tablet computers in support of rural and frontier clinical practice. In: *Int J Med Inform* 82 (11), S. 1046–1058. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2013.08.006. PMID: 24012016 (→ S. 3).
- Anthony S (2013). *iOS 7 nausea and cybersickness: What causes it, and why it's a sign of things to come | ExtremeTech*. Zugriff: 27.07.2016. URL: <http://www.extremetech.com/extreme/167717-ios-7-nausea-and-cybersickness-what-causes-it-and-why-its-a-sign-of-things-to-come> (→ S. 41).
- Apple Support (2015). *Flüssigkeitsschäden am iPhone oder iPod sind nicht durch die Garantie abgedeckt*. Zugriff: 27.07.2016. URL: <https://support.apple.com/de-de/HT204104> (→ S. 14).
- Aumann I, Frank M und Pramann O (2016). Kapitel 12. Gesundheits-Apps in der Gesetzlichen und Privaten Krankenversicherung. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 244–280. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60019> (→ S. 35, 43).
- Bankl H (1998). Kapitel 8: Das Obduktionsprotokoll. In: *Arbeitsbuch Pathologie, Einführung in die Pathologie - Pathologisch-anatomisches Praktikum*. Wien: Facultas Universitätsverlag, S. 30 (→ S. 20).
- Baron S, Goutard F, Nguon K und Tarantola A (2013). Use of a text message-based pharmacovigilance tool in Cambodia: pilot study. In: *J Med Internet Res* 15 (4), e68. DOI: 10.2196/jmir.2477. PMCID: PMC3636325 (→ S. 42).
- Bartlett G, Blais R, Tamblyn R, Clermont RJ und MacGibbon B (2008). Impact of patient communication problems on the risk of preventable adverse events in acute care settings. In: *CMAJ* 178 (12), S. 1555–1562. DOI: 10.1503/cmaj.070690. PMCID: PMC2396356 (→ S. 37).
- Basilico A, Marceglia S, Bonacina S und Pincioli F (2016). Advising patients on selecting trustful apps for diabetes self-care. In: *Comput. Biol. Med.* 71, S. 86–96. DOI: 10.1016/j.combiomed.2016.02.005. PMID: 26897071 (→ S. 52).
- Bayerische Staatsregierung (2010). *Verordnung zur Hygiene und Infektionsprävention in medizinischen Einrichtungen (MedHygV) · Verkündungsplattform Bayern*. Zugriff: 27.07.2016. URL: <https://www.verkuendung-bayern.de/gvbl/jahrgang:2010/heftnummer:21/seite:817> (→ S. 37).
- Beauchamp TL und Childress JF (2009). *Principles of Biomedical Ethics*. Oxford University Press. ISBN: 9780195335705. URL: http://books.google.de/books/about/Principles_of_Biomedical_Ethics.html?hl=&id=nreKPwAACAAJ (→ S. 45, 48).
- Becker S, Miron-Shatz T, Schumacher N, Krocza J, Diamantidis C und **Albrecht UV** (2014). mHealth 2.0: Experiences, Possibilities, and Perspectives. In: *JMIR mHealth and uHealth* 2 (2), e24. DOI: 10.2196/mhealth.3328 (→ S. 35).
- Becker S, Stefan B, Andreas K, Sven M, Diamantidis CJ, Nicole U und Anna M (2013). User Profiles of a Smartphone Application to Support Drug Adherence – Experiences from the iNephro Project. In: *PLoS One* 8 (10), e78547. DOI: 10.1371/journal.pone.0078547 (→ S. 13, 34, 42).
- Berheide R (2016). Gesundheits-Apps: Viele Chancen, wenig Evidenz. In: *Dtsch Arztebl* 113 (26), A–1242/B–1040/C–1024. URL: <https://www.aerzteblatt.de/treffer?mode=s&wo=17&typ=16&aid=180500&s=berheide> (→ S. 5).
- Bekele E, Bian D, Zheng Z, Peterman J, Park S und Sarkar N (2014). Responses during Facial Emotional Expression Recognition Tasks Using Virtual Reality and Static IAPS Pictures for Adults with Schizophrenia. In: *Lecture Notes in Computer Science*, S. 225–235. DOI: 10.1007/978-3-319-07464-1_21 (→ S. 40).

- Bender MS, Choi J, Arai S, Paul SM, Gonzalez P und Fukuoka Y (2014). Digital technology ownership, usage, and factors predicting downloading health apps among caucasian, filipino, korean, and latino americans: the digital link to health survey. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 2(4), e43. DOI: 10.2196/mhealth.3710. PMID: PMC4259923 (→ S. 13, 34).
- Beydoun T, Beydoun A und Towbin R (2016). Training beyond the interventional suite: application of Google Glass in the education of future interventional radiologists. In: *J Vasc Interv Radiol* 27(3), S254. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.12.647 (→ S. 39).
- BGB (2002). *Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 2176) geändert worden ist*. Zugriff: 04.08.2016. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bgb/gesamt.pdf> (→ S. 48).
- Biehl B, Dangel S und Reiser A (1981). Profile of Mood States – deutsche Fassung. In: *Internationale Skalen für Psychiatrie*. Hrsg. von Collegium Internationale Psychiatricae. Weinheim: Beltz Test Gesellschaft (→ S. 27, 28, 40).
- Bierbrier R, Lo V und Wu RC (2014). Evaluation of the accuracy of smartphone medical calculation apps. In: *J Med Internet Res* 16(2), e32. DOI: 10.2196/jmir.3062. PMID: PMC3936266 (→ S. 13).
- Bonacina S, Marcegaglia S und Pincioli F (2014). A pictorial schema for a comprehensive user-oriented identification of medical Apps. In: *Methods Inf. Med.* 53(3), S. 208–224. DOI: 10.3414/ME13-01-0093. PMID: 24727980 (→ S. 52).
- Borer A, Gilad J, Smolyakov R, Eskira S, Peled N, Porat N, Hyam E, Trefler R, Riesenber K und Schlaeffer F (2005). Cell phones and Acinetobacter transmission. In: *Emerg Infect Dis* 11(7), S. 1160–1161. DOI: 10.3201/eid1107.050221. PMID: PMC3371817 (→ S. 36).
- Börner N, Sponholz S, König K, Brodkorb S, Bühner C und Roehr CC (2013). Erste Erfahrungen mit Google Translate in der Neonatologie. In: *Klin Padiatr* 225(7), S. 413–417. DOI: 10.1055/s-0033-1349062. PMID: 23946092 (→ S. 38).
- Borsci S, Federici S und Lauriola M (2009). On the dimensionality of the System Usability Scale: a test of alternative measurement models. In: *Cogn Process* 10(3), S. 193–197. DOI: 10.1007/s10339-009-0268-9. PMID: 19565283 (→ S. 19).
- Brady RRW, Verran J, Damani NN und Gibb AP (2009). Review of mobile communication devices as potential reservoirs of nosocomial pathogens. In: *J Hosp Infect* 71(4), S. 295–300. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.12.009. PMID: 19168261 (→ S. 14, 36).
- Brady RRW, Wasson A, Stirling I, McAllister C und Damani NN (2006). Is your phone bugged? The incidence of bacteria known to cause nosocomial infection on healthcare workers' mobile phones. In: *J Hosp Infect* 62(1), S. 123–125. DOI: 10.1016/j.jhin.2005.05.005. PMID: 16099536 (→ S. 14).
- Brönnner M, Meister S, Breil B und **Albrecht UV** (2016). Kapitel 15. Orientierung für Hersteller von Gesundheits-Apps. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA), engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 320–340. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60022> (→ S. 13, 46–49).
- Brooke J (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. In: *Usability Evaluation in Industry* 189, S. 4–7 (→ S. 19).
- Büschel I, Mehdi R, Cammilleri A, Marzouki Y und Elger B (2014). Protecting human health and security in digital Europe: how to deal with the “privacy paradox”? In: *Sci Eng Ethics* 20(3), S. 639–658. DOI: 10.1007/s11948-013-9511-y. PMID: 24446151 (→ S. 45).
- Butzlaff M, Floer B und Isfort J (2003). “Shared Decision Making”: Der Patient im Mittelpunkt von Gesundheitswesen und Praxisalltag. In: *Gesundheitsmonitor 2003*. Hrsg. von J Böcken, B Braun und M Schnee. Gütersloh, S. 41–55 (→ S. 35).
- CHIP Online (2015). *Diese Bilder machen Angst: iPhone explodiert, Teenager erleidet Verbrennungen*. Zugriff: 27.07.2016. URL: http://www.chip.de/news/Diese-Bilder-machen-Angst-iPhone-explodiert-Teenager-erleidet-Verbrennungen_79179447.html (→ S. 41).

-
- Chung CF, Cook J, Bales E, Zia J und Munson SA (2015). More Than Telemonitoring: Health Provider Use and Nonuse of Life-Log Data in Irritable Bowel Syndrome and Weight Management. In: *J Med Internet Res* 17(8), e203. DOI: 10.2196/jmir.4364. PMCID: PMC4642406 (→ S. 12).
- Crane D, Garnett C, Brown J, West R und Michie S (2015). Behavior change techniques in popular alcohol reduction apps: content analysis. In: *J Med Internet Res* 17(5), e118. DOI: 10.2196/jmir.4060. PMCID: PMC4468601 (→ S. 13).
- Davies MJ, Alysha K, Hassan M, Ashraf H und Hamdan A (2015). The attitudes of pharmacists, students and the general public on mHealth applications for medication adherence. In: *Pharm Pract* 13(4), S. 644–644. DOI: 10.18549/pharmpract.2015.04.644 (→ S. 34).
- Davies MJ, Kotadia A, Mughal H, Hannan A und Alqarni H (2015). The attitudes of pharmacists, students and the general public on mHealth applications for medication adherence. In: *Pharm Pract* 13(4), S. 644. DOI: 10.18549/PharmPract.2015.04.644. PMCID: PMC4696122 (→ S. 33, 34).
- Dede C (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. In: *Science* 323(5910), S. 66–69. DOI: 10.1126/science.1167311. PMID: 19119219 (→ S. 29).
- Dede C und Barab S (2009). Emerging Technologies for Learning Science: A Time of Rapid Advances. In: *J Sci Educ Technol* 18(4), S. 301–304. DOI: 10.1007/s10956-009-9172-4. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10956-009-9172-4> (→ S. 29).
- Dempster NJ, Risk R, Clark R und Meddings RN (2014). Urologists' usage and perceptions of urological apps. In: *J Telemed Telecare* 20(8), S. 450–453. DOI: 10.1177/1357633X14555622. PMID: 25316043 (→ S. 34).
- Deutsch E und Spickhoff A (2008). *Medizinrecht. Arztrecht, Arzneimittelrecht, Medizinprodukte recht und Transfusionsrecht*. 6. Aufl. Berlin: Springer (→ S. 36).
- Divi C, Koss RG, Schmaltz SP und Loeb JM (2007). Language proficiency and adverse events in US hospitals: a pilot study. In: *Int J Qual Health Care* 19(2), S. 60–67. DOI: 10.1093/intqhc/mzl069. PMID: 17277013 (→ S. 17).
- Dufau S, Duñabeitia JA, Moret-Tatay C, McGonigal A, Peeters D, Alario FX, Balota DA, Brysbaert M, Carreiras M, Ferrand L, Ktori M, Perea M, Rastle K, Sasburg O, Yap MJ, Ziegler JC und Grainger J (2011). Smart phone, smart science: how the use of smartphones can revolutionize research in cognitive science. In: *PLoS One* 6(9), e24974. DOI: 10.1371/journal.pone.0024974. PMCID: PMC3182196 (→ S. 42).
- Dünnebeil S, Sunyaev A, Blohm I, Leimeister JM und Krcmar H (2012). Determinants of physicians' technology acceptance for e-health in ambulatory care. In: *Int J Med Inform* 81(11), S. 746–760. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2012.02.002. PMID: 22397989 (→ S. 34).
- Eckhoff RP, Kizakevich PN, Bakalov V, Zhang Y, Bryant SP und Hobbs MA (2015). A Platform to Build Mobile Health Apps: The Personal Health Intervention Toolkit (PHIT). In: *JMIR Mhealth Uhealth* 3(2), e46. DOI: 10.2196/mhealth.4202. PMCID: PMC4526892 (→ S. 43).
- Edelmann W (2000). *Lernpsychologie*. 6. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union (→ S. 25).
- Endl R, Jäschke T, Thiel C und Wickinghoff DV (2015). *mHealth im Kontext des elektronischen Patientendossiers*. Report. Zugriff: 01.08.2016. FHS St. Gallen im Auftrag von eHealth Suisse. URL: <http://www.e-health-suisse.ch/umsetzung/00135/00218/00278/index.html?lang=de> (→ S. 1).
- Engelen L (2013). *Is Google Glass Useful in the Operating Room?* Zugriff: 25.07.2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/20130815203138-19886490-google-glas-in-or> (→ S. 38).
- Fangerau H und Noack T (2006). Rassenhygiene in Deutschland und Medizin im Nationalsozialismus. In: *Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin*. Hrsg. von S Schulz, K Steigleder, H Fangerau und N Paul. Frankfurt: Suhrkamp (→ S. 45).
- Fangerau H, Griemert M und **Albrecht UV** (2016). Kapitel 9. Gesundheits-Apps und Ethik. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA), engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 194–213. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60015> (→ S. 13, 44, 45, 48).

- Fiscella K, Franks P, Doescher MP und Saver BG (2002). Disparities in health care by race, ethnicity, and language among the insured: findings from a national sample. In: *Med Care* 40 (1), S. 52–59. PMID: 11748426 (→ S. 17, 37).
- Fortunati L und Taipale S (2014). The advanced use of mobile phones in five European countries. In: *Br J Sociol* 65 (2), S. 317–337. DOI: 10.1111/1468-4446.12075. PMID: 24697752 (→ S. 34).
- Fox BI und Felkey BG (2013). Potential uses of google glass in the pharmacy. In: *Hosp Pharm* 48 (9), S. 783–784. DOI: 10.1310/hpj4809-783. PMCID: PMC3857124 (→ S. 38).
- Free C, Phillips G, Galli L, Watson L, Felix L, Edwards P, Patel V und Haines A (2013). The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: a systematic review. In: *PLoS Med* 10 (1), e1001362. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001362. PMCID: PMC3548655 (→ S. 4).
- Free C, Phillips G, Watson L, Galli L, Felix L, Edwards P, Patel V und Haines A (2013). The effectiveness of mobile-health technologies to improve health care service delivery processes: a systematic review and meta-analysis. In: *PLoS Med* 10 (1), e1001363. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001363. PMCID: PMC3566926 (→ S. 4).
- Friend SH (2015). App-enabled trial participation: Tectonic shift or tepid rumble? In: *Sci Transl Med* 7 (297), 297ed10. DOI: 10.1126/scitranslmed.aab1206. PMID: 26203077 (→ S. 42, 43).
- Fu K und Blum J (2014). Controlling for cybersecurity risks of medical device software. In: *Biomed Instrum Technol Suppl*, S. 38–41. DOI: 10.2345/0899-8205-48.s1.38. PMID: 24848148 (→ S. 13).
- Gagliotti C, Balode A, Baquero F, Degener J, Grundmann H, Gür D, Jarlier V, Kahlmeter G, Monen J, Monnet DL, Rossolini GM, Suetens C, Weist K, Heuer O und EARS-Net Participants (Disease Specific Contact Points for AMR) (2011). Escherichia coli and Staphylococcus aureus: bad news and good news from the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net, formerly EARSS), 2002 to 2009. In: *Euro Surveill* 16 (11). PMID: 21435327 (→ S. 14).
- Garrie RL und Paustian PE (2014). mHealth Regulation, Legislation, and Cybersecurity. In: *mHealth*. Hrsg. von D Malvey und DJ Slovensky. Boston, MA: Springer US, S. 45–63. ISBN: 9781489974563. DOI: 10.1007/978-1-4899-7457-0_3 (→ S. 13).
- Gärtner A (2013). *Mobilgeräte und Apps aus regulatorischer Sicht*. E-HEALTH-COM (online). URL: http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user_upload/dateien/Downloads/Gaertner_Mobilgeraete_und_Apps_aus_regulatorischer_Sicht.pdf (→ S. 46).
- Gehring H, Pramann O, Imhoff M und **Albrecht UV** (2014). Zukunftstrend „Medical Apps“. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 57 (12), S. 1402–1410. DOI: 10.1007/s00103-014-2061-x (→ S. 34).
- Geiß K und Greiner HP (2009). *Arzthaftpflichtrecht*. 6. Aufl. (→ S. 37).
- Gholami-Kordkheili F, Wild V und Strech D (2013). The impact of social media on medical professionalism: a systematic qualitative review of challenges and opportunities. In: *J Med Internet Res* 15 (8), e184. DOI: 10.2196/jmir.2708. PMCID: PMC3758042 (→ S. 35).
- Giota KG und Kleftras G (2014). Mental Health Apps: Innovations, Risks and Ethical Considerations. In: *E-Health Telecommunication Systems and Networks* 03 (03), S. 19–23. DOI: 10.4236/etsn.2014.33003 (→ S. 41).
- Glauser W (2013). Doctors among early adopters of Google Glass. In: *CMAJ* 185 (16), S. 1385. DOI: 10.1503/cmaj.109-4607. PMCID: PMC3826358 (→ S. 38).
- Götz T, Zirngibl A und Pekrun R (2004). Lern- und Leistungsemotionen von Schülerinnen und Schülern. In: *Schule positiv erleben. Erkenntnisse und Ergebnisse zum Wohlbefinden von Schülerinnen und Schülern*. Hrsg. von T Hascher. Schweiz: Haupt AG, S. 49–66 (→ S. 40).
- Götz T, Zirngibl A, Pekrun R und Hall N (2003). Emotions, learning and achievement from an educational-psychological perspective. In: *Learning emotions: the influence of affective factors on classroom learning*. Hrsg. von P Mayring und C von Rhoeneck. Frankfurt: Peter Lang, S. 9–28 (→ S. 25, 40).

-
- Hale K, Capra S und Bauer J (2015). A Framework to Assist Health Professionals in Recommending High-Quality Apps for Supporting Chronic Disease Self-Management: Illustrative Assessment of Type 2 Diabetes Apps. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 3 (3), e87. DOI: 10.2196/mhealth.4532. PMID: PMC4704910 (→ S. 52).
- Hartz T, von Jan U und **Albrecht UV** (2016). Kapitel 14. Orientierung für professionelle Anwender von Gesundheits-Apps. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA)*, engl. *Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 302–319. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60021> (→ S. 47).
- Hassenzahl M, Burmester M und Koller F (2003a). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: *Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung*. Hrsg. von J Ziegler und G Szwillus. Stuttgart: B.G. Teubner, S. 187–196 (→ S. 28, 40).
- Hassenzahl M, Burmester M und Koller F (2008). Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de. In: *Usability Professionals*. Hrsg. von H Brau, S Diefenbach, M Hassenzahl, F Koller, M Peissner und K Röse. Stuttgart: German Chapter der Usability Professionals Association, S. 78–82 (→ S. 28).
- Hassenzahl M (2004). The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. In: *Human-Computer Interaction* 19 (4), S. 319–349. DOI: 10.1207/s15327051hci1904_2 (→ S. 28).
- Hassenzahl M, Burmester M und Koller F (2003b). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: *Berichte des German Chapter of the ACM*, S. 187–196. DOI: 10.1007/978-3-322-80058-9_19 (→ S. 40).
- van Heerden A, Tomlinson M und Swartz L (2012). Point of care in your pocket: a research agenda for the field of m-health. In: *Bull World Health Organ* 90 (5), S. 393–394. DOI: 10.2471/BLT.11.099788. PMID: PMC3341694 (→ S. 4).
- Hibbard JH und Greene J (2013). What the evidence shows about patient activation: better health outcomes and care experiences; fewer data on costs. In: *Health Aff* 32 (2), S. 207–214. DOI: 10.1377/hlthaff.2012.1061. PMID: 23381511 (→ S. 35).
- Hilgefert JP, Fitzpatrick S, Lycans D, Wilson-Byrne T, Fisher C und Shuler FD (2014). Smartphone medical applications useful for the rural practitioner. In: *WV Med J* 110 (1), S. 40–44. PMID: 24640273 (→ S. 3).
- Hilke C (2014). „Effectiveness of Emotional Induction in Mobile Augmented Reality Settings: An EEG-Study“. Magisterarb. Universität Hildesheim (→ S. 40).
- Hillebrand U, von Jan U und **Albrecht UV** (2016). Concepts for Quality Assurance of Health Related Apps. In: *Stud Health Technol Inform* 226, S. 209–212. DOI: 10.3233/978-1-61499-664-4-209. PMID: 27350506 (→ S. 34).
- Huckvale K, Adomaviciute S, Prieto JT, Leow MKS und Car J (2015). Smartphone apps for calculating insulin dose: a systematic assessment. In: *BMC Med*. 13, S. 106. DOI: 10.1186/s12916-015-0314-7. PMID: PMC4433091 (→ S. 51).
- Huckvale K, Car M, Morrison C und Car J (2012). Apps for asthma self-management: a systematic assessment of content and tools. In: *BMC Med*. 10, S. 144. DOI: 10.1186/1741-7015-10-144. PMID: PMC3523082 (→ S. 51).
- Huckvale K, Morrison C, Ouyang J, Ghaghda A und Car J (2015). The evolution of mobile apps for asthma: an updated systematic assessment of content and tools. In: *BMC Med*. 13, S. 58. DOI: 10.1186/s12916-015-0303-x. PMID: PMC4391129 (→ S. 51).
- Illiger K, Hupka M, von Jan U, Wichelhaus D und **Albrecht UV** (2014). Mobile technologies: expectancy, usage, and acceptance of clinical staff and patients at a university medical center. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 2 (4), e42. DOI: 10.2196/mhealth.3799. PMID: PMC4259908 (→ S. 8, 34).
- Illiger K, von Jan U und **Albrecht UV** (2014). Professional use of mobile devices at a university medical center. In: *Biomed Tech* 59 (S1), S691 (→ S. 8).
- IMIA. *IMIA Code of Ethics for Health Information Professionals*. Zugriff: 28.07.2016. URL: <http://www.imia-medinfo.org/new2/node/39> (→ S. 45).

- von Jan U, Noll C, Behrends M und **Albrecht UV** (2012). mARble – Augmented Reality in Medical Education. In: *Biomed Tech* 57 (SI-1 Track-A). DOI: 10.1515/bmt-2012-4252 (→ S. 25).
- Jeske HC, Tiefenthaler W, Hohlrieder M, Hinterberger G und Benzer A (2007). Bacterial contamination of anaesthetists' hands by personal mobile phone and fixed phone use in the operating theatre. In: *Anaesthesia* 62 (9), S. 904–906. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2007.05172.x. PMID: 17697216 (→ S. 14).
- Kalinauckas A (2015). News: 7 Problems with: Google Glass. In: *Engineering & Technology* 10 (2), S. 16–17. DOI: 10.1049/et.2015.0218 (→ S. 39, 40).
- Kay M, Santos J und Takane M (2011). mHealth: New horizons for health through mobile technologies. In: *World Health Organization* 64 (7), S. 66–71 (→ S. 1).
- Kim Y, Briley DA und Ocepek MG (2015). Differential innovation of smartphone and application use by sociodemographics and personality. In: *Comput Human Behav* 44, S. 141–147. DOI: 10.1016/j.chb.2014.11.059 (→ S. 43).
- Kizakevich PN, Eckhoff R, Weger S, Weeks A, Brown J, Bryant S, Bakalov V, Zhang Y, Lyden J und Spira J (2014). A personal health information toolkit for health intervention research. In: *Stud Health Technol Inform* 199, S. 35–39. DOI: 10.3233/978-1-61499-401-5-35. PMID: 24875686 (→ S. 43).
- Koivusilta LK, Lintonen TP und Rimpelä AH (2007). Orientations in adolescent use of information and communication technology: a digital divide by sociodemographic background, educational career, and health. In: *Scand J Public Health* 35 (1), S. 95–103. DOI: 10.1080/14034940600868721. PMID: 17366093 (→ S. 9).
- Kontos E, Blake KD, Chou WYS und Prestin A (2014). Predictors of eHealth usage: insights on the digital divide from the Health Information National Trends Survey 2012. In: *J Med Internet Res* 16 (7), e172. DOI: 10.2196/jmir.3117. PMID: PMC4129114 (→ S. 9).
- Labisch A (1986). „Hygiene ist Moral – Moral ist Hygiene“: Soziale Disziplinierung durch Ärzte und Medizin. In: *Soziale Sicherheit und soziale Disziplinierung: Beiträge zu einer historischen Theorie der Sozialpolitik*. Hrsg. von C Sachße und F Tennstedt. Frankfurt: Suhrkamp (→ S. 45).
- Labrique AB, Kirk GD, Westergaard RP und Merritt MW (2013). Ethical issues in mHealth research involving persons living with HIV/AIDS and substance abuse. In: *AIDS Res Treat* 2013, S. 189645. DOI: 10.1155/2013/189645. PMID: PMC3792525 (→ S. 13).
- Lee K, Hoti K, Hughes JD und Emmerton L (2014). Dr Google and the consumer: a qualitative study exploring the navigational needs and online health information-seeking behaviors of consumers with chronic health conditions. In: *J Med Internet Res* 16 (12), e262. DOI: 10.2196/jmir.3706. PMID: PMC4275480 (→ S. 35).
- Leite FO, Cochat C, Salgado H, Costa MP da, Queirós M, Campos O und Carvalho P (2016). Using Google Translate© in the hospital: A case report. In: *Technol Health Care*. DOI: 10.3233/THC-161241. PMID: 27447408 (→ S. 38).
- Lewis JR und Sauro J (2009). The Factor Structure of the System Usability Scale. In: *Human Centered Design*. Hrsg. von M Kurosu. Springer: Berlin, Heidelberg, S. 94–103 (→ S. 19).
- Madea B (2006). *Praxis Rechtsmedizin: Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*. Heidelberg: Springer. ISBN: 9783540337195 (→ S. 25, 26).
- Mansfeld M, Skrahina A, Shepherd L, Schultze A, Panteleev AM, Miller RF, Miro JM, Zeltina I, Tetrarov S, Furrer H, Kirk O, Grzeszczuk A, Bolokadze N, Matteelli A, Post FA, Lundgren JD, Mocroft A, Efsen A, Podlekareva DN und TB:HIV study group in EuroCoord (2015). Major differences in organization and availability of health care and medicines for HIV/TB coinfecting patients across Europe. In: *HIV Med* 16 (9), S. 544–552. DOI: 10.1111/hiv.12256. PMID: 25959854 (→ S. 34).
- Manzeschke A, Weber K, Rother E und Fangerau H (2013). *Ergebnisse der Studie "Ethische Fragen im Bereich altersgerechter Assistenzsysteme"*. 40. Ludwigsfelde: Thiel Gruppe. URL: <http://www.technik-zum-menschen-bringen.de/service/publikationen/ethische-fragen-im-bereich-altersgerechter-assistenzsysteme> (→ S. 45).

-
- Mare S und Kotz D (2010). „Is Bluetooth the right technology for mHealth?“ In: *USENIX Workshop on Health Security and Privacy*. URL: <http://www.cs.dartmouth.edu/~E2%88%BCdfk/papers/%20abstracts/mare-healthsec10.html> (→ S. 41).
- Marmor T und Wendt C (2012). Conceptual frameworks for comparing healthcare politics and policy. In: *Health Policy* 107 (1), S. 11–20. DOI: 10.1016/j.healthpol.2012.06.003. PMID: 22763200 (→ S. 34).
- Martin M und Fangerau H (2015). Technische Medikalisation in einer alternden Gesellschaft. In: *Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben?* Hrsg. von K Weber, D Frommeld, A Manzeschke und H Fangerau. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, S. 19–45. ISBN: 9783515110044 (→ S. 44).
- Mathur A und Kawsar F (2016). „The Need to Account for Geographical Diversities in Mobile Data Research“. In: *Proceedings of the First Workshop on Mobile Data – MobiData '16*. DOI: 10.1145/2935755.2935761 (→ S. 34).
- McCarthy M (2015). Apple software will allow researchers to gather health data from iPhones. In: *BMJ* 350, h1402. DOI: 10.1136/bmj.h1402. PMID: 25770015 (→ S. 43).
- McNair DM, Lorr M und Droppleman LF (1971). *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Educational und Industrial Testing Services (→ S. 27, 28, 40).
- Miemitz B (2011). *Gleichstellungsbericht 2010 (vorgelegt von der Gleichstellungsbeauftragten)*. Report. Medizinische Hochschule Hannover. URL: <http://www.webcitation.org/6RzcBjbWo> (→ S. 9).
- Moshtaghi O, Kelley KS, Armstrong WB, Yaser G, Jeffery G und Djalilian HR (2015). Using google glass to solve communication and surgical education challenges in the operating room. In: *Laryngoscope* 125(10), S. 2295–2297. DOI: 10.1002/lary.25249 (→ S. 39).
- Moynihan R (2002). Selling sickness: the pharmaceutical industry and disease mongering * Commentary: Medicalisation of risk factors. In: *BMJ* 324(7342), S. 886–891. DOI: 10.1136/bmj.324.7342.886 (→ S. 44).
- Neter E und Brainin E (2012). eHealth literacy: extending the digital divide to the realm of health information. In: *J Med Internet Res* 14(1), e19. DOI: 10.2196/jmir.1619. PMCID: PMC3374546 (→ S. 13, 34).
- NiteFloat, Inc (2013). *MediBabble Translator on the App Store*. Zugriff: 27.07.2016. URL: <https://itunes.apple.com/us/app/medibabble-translator/id355398880?mt=8> (→ S. 37).
- Ohio State University (2013). *First US surgery transmitted live via Google Glass (w/ Video)*. Zugriff: 25.07.2016. URL: <http://medicalxpress.com/news/2013-08-surgery-transmitted-google-glass-video.html> (→ S. 38).
- O'Regan K (2003). Emotion and eLearning. In: *Journal of Asynchronous Learning Networks* 7 (3), S. 78–92 (→ S. 40).
- Ou L, Chen J und Hillman K (2010). Health services utilisation disparities between English speaking and non-English speaking background Australian infants. In: *BMC Public Health* 10, S. 182. DOI: 10.1186/1471-2458-10-182. PMCID: PMC2858120 (→ S. 17).
- Papadopoulos H, Pappa D und Gortzis L (2006). „Legal & Clinical Risk Assessment Guidelines in Emerging m-Health Systems“. In: *Proceeding in ITAB-2006. 6th International IEEE EBMS Special Topic Conference on Information Technology Application in Biomedicine*, S. 24–28 (→ S. 41).
- Papadopoulos H, Pappa D und Gortzis L (2007). A framework for dealing with legal and clinical risks arising from the use of m-health systems. In: *Journal on Information Technology in Healthcare* 5(3), S. 182–195 (→ S. 41).
- Park Y und Chen JV (2007). Acceptance and adoption of the innovative use of smartphone. In: *Industrial Management & Data Systems* 107 (9), S. 1349–1365. DOI: 10.1108/02635570710834009 (→ S. 35).
- Parslow GR (2013). Commentary: Google glass: A head-up display to facilitate teaching and learning. In: *Biochem Mol Biol Educ* 42 (1), S. 91–92. DOI: 10.1002/bmb.20751 (→ S. 38).
- Patel V, Nowostawski M, Thomson G, Wilson N und Medlin H (2013). Developing a smartphone 'app' for public health research: the example of measuring observed smoking in vehicles. In: *J Epidemiol Community Health* 67 (5), S. 446–452. DOI: 10.1136/jech-2012-201774. PMID: 23443959 (→ S. 42).
- Patil S und Davies P (2014). Use of Google Translate in medical communication: evaluation of accuracy. In: *BMJ* 349, g7392. DOI: 10.1136/bmj.g7392. PMCID: PMC4266233 (→ S. 38).

- Petersson LP, **Albrecht UV**, Sedlacek L, Gemein S, Gebel J und Vonberg RP (2014). Portable UV light as an alternative for decontamination. In: *American Journal of Infection Control* 42(12), S. 1334–1336. DOI: 10.1016/j.ajic.2014.08.012 (→ S. 37).
- Phillippi SW (2012). Socio-Demographic Variables Predicting Formal vs. Informal Juvenile Justice System Handling and Associated Outcomes. In: *Journal of Forensic Social Work* 2(1), S. 45–68. DOI: 10.1080/1936928x.2012.658749 (→ S. 17).
- Pramann O (2012). Mobile Endgeräte und medizinische Software-Applikationen im Krankenhaus. In: *Medizintechnik und Informationstechnologie, MIT-Konzepte, Technologien, Anforderungen*. Hrsg. von A Gärtner. 6. Ergänzungslieferung (→ S. 46).
- Pramann O (2016). Kapitel 10. Gesundheits-Apps und Datenschutz. In: *Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (CHARISMHA), engl. Chances and Risks of Mobile Health Apps (CHARISMHA)*. Hrsg. von **UV Albrecht**. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover, S. 214–227. URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=60016> (→ S. 13).
- Pramann O und **Albrecht UV** (2014a). *Forschung im Krankenhaus: Gestaltung/Chancen/Finanzierung*. Deutsche Krankenhaus Verlags-Gesellschaft. ISBN: 9783942734837 (→ S. 46, 47).
- Pramann O und **Albrecht UV** (2014b). *Smartphones, Tablet-PC und Apps in Krankenhaus und Arztpraxis – rechtssicher und erfolgreich einsetzen*. Düsseldorf: Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH. ISBN: 9783942734905 (→ S. 4, 42, 45, 48).
- Pramann O und **Albrecht UV** (2014c). Smartphones und Software-Applikationen (Apps) in klinischen Studien / Verwendung und rechtliche Risiken. In: *Die pharmazeutische Industrie : pharmin* 76, S. 1435–1441 (→ S. 46).
- Pramann O und **Albrecht UV** (2015). Medizinische Software. Im regulatorischen Umfeld des Medizinprodukte-rechts am Beispiel von Medical Apps. In: *InTeR* 3(3), S. 132–137 (→ S. 2, 42, 46).
- Pramann O, Garz B und **Albrecht UV** (2013). Bring your own device – private Smartphones im Krankenhaus. Haftungsrisiken und -prävention. In: *E-HEALTH-COM* (2), S. 26–30. URL: http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user_upload/dateien/Downloads/EHC_2_2013_Downloadbeitrag_Bring_your_own_device.pdf (→ S. 35, 42).
- Pramann O, Graf K und **Albrecht UV** (2012). Tablet-PC im Krankenhaus: Hygienische Aspekte beachten. In: *Dtsch Arztebl* 109(14), A-706/B-608/C-606. URL: <http://www.aerzteblatt.de/archiv/124668> (→ S. 36).
- Public Health Leadership Society (2002). *Principles of the Ethical Practice of Public Health*. Report. URL: <http://ethics.iit.edu/ecodes/node/4734> (→ S. 45).
- Pustozero E, von Jan U und **Albrecht UV** (2016). Evaluation of mHealth Applications Quality Based on User Ratings. In: *Stud Health Technol Inform* 226, S. 237–240. DOI: 10.3233/978-1-61499-664-4-237. PMID: 27350514 (→ S. 52).
- Reiss B (2013). Bedeutung von Apps für die Forschung: Erkenntnispotenzial oder Hype? In: *DKFZ* (4), S. 26–30 (→ S. 42, 43).
- research2guidance (2015a). *EU Countries mHealth App Market Ranking 2015. A benchmarking analysis of 28 EU countries about their market readiness for mHealth business*. Report. URL: <http://research2guidance.com/r2g/research2guidance-EU-Country-mHealth-App-Market-Ranking-2015.pdf> (→ S. 5).
- research2guidance (2015b). *mHealth App Developer Economics 2015*. Report. URL: <https://research2guidance.com/product/mhealth-developer-economics-2015/> (→ S. 2).
- Rosenthal VD, Bijie H, Maki DG, Mehta Y, Apisarnthanarak A, Medeiros EA, Leblebicioglu H, Fisher D, Álvarez-Moreno C, Khader IA, Del Rocío González Martínez M, Cuellar LE, Navoa-Ng JA, Abouqal R, Guancho Garcell H, Mitrev Z, Pirez García MC, Hamdi A, Dueñas L, Cancel E, Gurskis V, Rasslan O, Ahmed A, Kanj SS, Ugalde OC, Mapp T, Raka L, Yuet Meng C, Thu LTA, Ghazal S, Gikas A, Narváez LP, Mejía N, Hadjieva N, Gamar Elanbya MO, Guzmán Sirtt ME, Jayatilleke K und INICC members (2012). International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) report, data summary of 36 countries, for 2004–2009. In: *Am J Infect Control* 40(5), S. 396–407. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.05.020. PMID: 21908073 (→ S. 14).

-
- Royal College of Physicians (2015). *Using apps in clinical practice. Important things that you need to know about apps and CE marking*. Report. Zugriff: 07.08.2016. URL: <https://www.rcplondon.ac.uk/file/175/download?token=5nTJceC1> (→ S. 47).
- Russell PM, Michael M, Youngquist ST, Jennifer C, Nael AH und Matt D (2014). First "Glass" Education: Telemetered Cardiac Ultrasonography Using Google Glass – A Pilot Study. In: *Acad Emerg Med* 21 (11), S. 1297–1299. DOI: 10.1111/ace.12504 (→ S. 39).
- Sarkar U, Karter AJ, Liu JY, Adler NE, Nguyen R, López A und Schillinger D (2011). Social disparities in internet patient portal use in diabetes: evidence that the digital divide extends beyond access. In: *J Am Med Inform Assoc* 18(3), S. 318–321. DOI: 10.1136/jamia.2010.006015. PMID: PMC3078675 (→ S. 13, 34).
- Schorb B, Hartung A und Reißmann W, Hrsg. (2009). *Medien und höheres Lebensalter*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN: 9783531162188. DOI: 10.1007/978-3-531-91900-3 (→ S. 9).
- Schuyve PM (2007). Language differences as a barrier to quality and safety in health care: the Joint Commission perspective. In: *J Gen Intern Med* 22 Suppl 2, S. 360–361. DOI: 10.1007/s11606-007-0365-3. PMID: PMC2078554 (→ S. 37).
- Silver MP (2015). Patient Perspectives on Online Health Information and Communication With Doctors: A Qualitative Study of Patients 50 Years Old and Over. In: *J Med Internet Res* 17(1), e19. DOI: 10.2196/jmir.3588 (→ S. 35).
- Simon D, Loh A und Härter M (2008). Development and evaluation of interventions to support shared decision making – framework and measuring instruments. In: *Z Med Psychol* 17, S. 149–159 (→ S. 35).
- Sinkin JC, Rahman OF und Nahabedian MY (2016). Google Glass in the Operating Room. In: *Plast Reconstr Surg* 138(1), S. 298–302. DOI: 10.1097/prs.0000000000002307 (→ S. 39).
- Smith A (2013). *Smartphone Ownership 2013*. Zugriff: 28.07.2016. URL: <http://www.pewinternet.org/2013/06/05/smartphone-ownership-2013/> (→ S. 43).
- Spaedy E, Christakopoulos GE, Tarar MNJ, Christopoulos G, Rangan BV, Roesle M, Ochoa CD, Yarbrough W, Banerjee S und Brilakis ES (2016). Accuracy of remote chest X-ray interpretation using Google Glass technology. In: *Int J Cardiol* 219, S. 38–40. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.05.070. PMID: 27262231 (→ S. 40).
- Squires DA (2011). The U.S. health system in perspective: a comparison of twelve industrialized nations. In: *Issue Brief* 16, S. 1–14. PMID: 21796847 (→ S. 34).
- Stenehjem E und Rimland D (2013). MRSA nasal colonization burden and risk of MRSA infection. In: *Am J Infect Control* 41(5), S. 405–410. DOI: 10.1016/j.ajic.2012.07.017. PMID: PMC3685139 (→ S. 15).
- Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, Zelenko O, Tjondronegoro D und Mani M (2015). Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. In: *JMIR Mhealth Uhealth* 3(1), e27. DOI: 10.2196/mhealth.3422. PMID: PMC4376132 (→ S. 52).
- Süddeutsche Zeitung (2014). *Versicherer Generali will Fitnessdaten von Kunden sammeln*. Zugriff: 27.07.2016. URL: [http://www.sueddeutsche.de/news/wirtschaft/versicherungen-versicherer-generalis-will-fitnessdaten-von-kunden-sammeln-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-141121-99-02990](http://www.sueddeutsche.de/news/wirtschaft/versicherungen-versicherer-generali-will-fitnessdaten-von-kunden-sammeln-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-141121-99-02990) (→ S. 41).
- Sunyaev A, Dehling T, Taylor PL und Mandl KD (2015). Availability and quality of mobile health app privacy policies. In: *J Am Med Inform Assoc* 22(e1), e28–33. DOI: 10.1136/amiajnl-2013-002605. PMID: 25147247 (→ S. 13).
- Tagoe DN, Gyande VK und Ansah EO (2011). Bacterial Contamination of Mobile Phones: When Your Mobile Phone Could Transmit More Than Just a Call. In: *WebmedCentral MICROBIOLOGY* 2(10), WMC002294. DOI: 10.9754/journal.wmc.2011.002294 (→ S. 36).
- Terry NP (2015). Mobile health: assessing the barriers. In: *Chest* 147(5), S. 1429–1434. DOI: 10.1378/chest.14-2459. PMID: 25940254 (→ S. 2).
- Timmins CL (2002). The impact of language barriers on the health care of Latinos in the United States: a review of the literature and guidelines for practice. In: *J Midwifery Womens Health* 47(2), S. 80–96. PMID: 12019990 (→ S. 17, 37).

- Travis B (2013). *Android vs. iOS: User Differences Every Developer Should Know*. Zugriff: 23.07.2016. URL: <http://www.comscore.com/ger/Insights/Blog/Android-vs-iOS-User-Differences-Every-Developer-Should-Know> (→ S. 34).
- Ulger F, Esen S, Dilek A, Yanik K, Gunaydin M und Leblebicioglu H (2009). Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? In: *Ann Clin Microbiol Antimicrob* 8, S. 7. DOI: 10.1186/1476-0711-8-7. PMCID: PMC2655280 (→ S. 14, 36).
- Universal Projects (2015). „*Universal Doctor Speaker: Medizin-Dolmetscher mit Audio*“ (App Store). Zugriff: 27.07.2016. URL: <https://itunes.apple.com/de/app/universal-doctor-speaker-full/id389202856?mt=8> (→ S. 37).
- Vallurupalli S, Paydak H, Agarwal SK, Agrawal M und Assad-Kottner C (2013). Wearable technology to improve education and patient outcomes in a cardiology fellowship program – a feasibility study. In: *Health Technol* 3(4), S. 267–270. DOI: 10.1007/s12553-013-0065-4 (→ S. 24).
- Vega R de la und Miró J (2014). mHealth: a strategic field without a solid scientific soul. a systematic review of pain-related apps. In: *PLoS One* 9(7), e101312. DOI: 10.1371/journal.pone.0101312. PMCID: PMC4085095 (→ S. 48).
- Velazco C (2012). *Google Wins The Internet With A Live Skydiving Demo Of Google Glass (Now With Video!)* Zugriff: 07.08.2016. URL: <http://social.techcrunch.com/2012/06/27/sergey-brin-demos-google-glass-at-io/> (→ S. 38).
- Vincent CJ, Niezen G, O’Kane AA und Stawarz K (2015). Can standards and regulations keep up with health technology? In: *JMIR Mhealth Uhealth* 3(2), e64. DOI: 10.2196/mhealth.3918. PMCID: PMC4526895 (→ S. 35).
- VonHoltz LAH, Hypolite KA, Carr BG, Shofer FS, Winston FK, Hanson 3rd CW und Merchant RM (2015). Use of mobile apps: a patient-centered approach. In: *Acad Emerg Med* 22(6), S. 765–768. DOI: 10.1111/acem.12675. PMCID: PMC4464901 (→ S. 34).
- Weiser M (1999). The Computer for the 21st Century. In: *SIGMOBILE Mob Comput Commun Rev* 3(3), S. 3–11. DOI: 10.1145/329124.329126 (→ S. 1).
- Wetter T (2015). *Consumer Health Informatics: New Services, Roles, and Responsibilities*. Springer. ISBN: 9783319195902. URL: http://books.google.de/books/about/Consumer_Health_Informatics.html?hl=&id=Kw9cCgAAQBAJ (→ S. 43).
- WHO (1948). *Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948*. Report (→ S. 2).
- Wicks P und Chiauzzi E (2015). ‘Trust but verify’–five approaches to ensure safe medical apps. In: *BMC Med*. 13, S. 205. DOI: 10.1186/s12916-015-0451-z. PMCID: PMC4583172 (→ S. 51).
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. In: *JAMA* 310(20), S. 2191–2194. DOI: 10.1001/jama.2013.281053. PMID: 24141714 (→ S. 45).
- Zapata BC, Fernández-Alemán JL, Ali I und Ambrosio T (2015). Empirical Studies on Usability of mHealth Apps: A Systematic Literature Review. In: *J Med Syst* 39(2). DOI: 10.1007/s10916-014-0182-2 (→ S. 35).

Stichwortverzeichnis

A

Adoptionsbarrieren, 5, 9, 36, 57
 Ärztinnen und Ärzte, 5, 10–14, 16, 24, 25, 36, 37, 48
 Prüfärztinnen und -ärzte, 49
 Akzeptanz, 2, 19, 36, 40, 44, 46, 57
 Algorithmen, 39, 43, 53
 Analysemethoden, 53
 Analysetiefe, 53
 Analyseziele, 53
 Anbieter, 35, 47, 53, 54
 Android, 4, 5, 12, 13, 16, 23, 24
 Anwenderfreundlichkeit, 23, 40
 Anwenderzufriedenheit, 21
 Anwendung
 „off label“, 4
 beruflich, 13, 14, 38
 Anwendungsfelder, 2, 3, 9, 40
 Anwendungskontext
 Assessment, 3, 4
 Bildung, 4, 15, 25–27, 32
 Forschung, 2–4, 35, 38, 43–45, 47
 Information, 3–5, 10–14, 20, 37
 Unterstützung, 2–5, 12, 20
 Versorgung/Intervention, 3, 4, 9, 43
 Verwaltung, 3–5
 Apotheken, 12, 14
 App-Kategorie
 Gesundheit und Fitness, 3, 5, 53
 Medizin, 3, 5, 53
 Apple, 3, 5, 12, 16, 45
 iOS, 4, 5, 13, 16, 20, 28, 36
 iPad, 12, 16–21
 iPhone, 2, 12, 29
 iPod touch, 12
 Apps, 3, 4, 9, 12–15, 19, 20, 22, 35–37, 39, 40, 43–
 45, 47, 49, 50, 52, 53, 55
 der Arbeitsgruppe, 9, 16, 23, 27, 57
 Arbeitgeber, 13, 46
 Armbandcomputer, 2
 Arzneimittelgesetz (AMG), 48, 49
 Arzt-Patienten-Verhältnis, 37, 45
 Aufklärung, 4, 15, 26, 36, 39, 43, 44, 46, 49, 57
 Aufklärungskampagnen, 39

Augmented Reality (AR), 26, 27, 29, 31, 32, 41–43
 Aus- und Weiterbildung, 15, 25–27
 Auszubildende, 5
 Autonomie, 46, 47

B

Barrieren, 4, 5, 9, 15, 19, 20, 36, 37, 39, 57
 Bedarf, 5, 6, 9, 20, 23, 35, 53, 55, 57
 Bedenken, 12–15, 35–37, 39
 Bedienkonzept, 22, 38
 Bedürfnisse, 10, 22, 23, 37, 50, 51
 Behandlung, 3, 4, 27, 43, 48
 Berufserfahrung, 11, 13, 14, 21, 22
 Bestandsaufnahme, 4, 9, 35
 Bias, 17, 35, 45, 53
 Bilddaten, 23–25, 28, 41
 Belichtung, 24
 Bildausschnitt/Region of Interest, 24, 25
 Bildschärfe, 25
 Farbdifferenzierung, 25
 Farbgebung, 24
 Helligkeit, 24, 25
 Qualitätsaspekte, 24, 25
 Schärfe, 24, 25
 Untersucherperspektive, 26, 41
 Bildungsstand, 11, 12, 36, 45, 46
 Blink-App, 23
 Bring Your Own Device (BYOD), 37
 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), 49

C

CE-Kennzeichnung, 47, 48
 Chancen, 5, 6, 9, 10, 15, 35, 36, 44, 46
 Chat, 14
 Computern, stationäre, 41

D

Datenbrillen, 2, 22, 23
 Google Glass, 23–26, 40, 41, 57
 Datenformat, 14, 51, 52
 Datenschutz, 13, 15, 36, 41, 43, 44, 47, 49, 51, 52,
 54

Datenschutzklärung, 43, 54
Datensendungsverhalten, 43
Datensicherheit, 44, 51, 54
Datenübertragung, 14, 26, 41, 51
 verschlüsselt, 26, 41
deBac-App, 16, 18, 39, 57
Deklaration von Helsinki, 48
Desinfektion, 16–18, 38, 39
Diagnostik, 3, 4, 10, 12, 13, 27, 37, 39, 45, 46, 48, 49
Digitale Kluft (digital divide), 15, 36
DIN EN 62304, 50
DIN EN ISO 13485, 50
DIN EN ISO 9001, 50
DIN ISO/IEC 25010, 50
Dokumentation, 2, 9, 23, 25, 28, 35, 38, 41, 48, 57

E

Effektivität, 21, 23, 40, 41
Effizienz, 21, 23, 40, 41, 51
Einsatzbereich
 beruflich, 13, 14, 38
eMail, 13, 14
Emotionen, 27, 29, 30, 32, 42
Entwickler, 3, 6, 35, 39, 47, 48, 52
Entwicklung, 6, 9, 16, 23, 41, 43, 45, 47–50, 57, 58
 Apps der Arbeitsgruppe, 9, 16, 23, 27, 28, 57
 Forschung, 44, 45
 qualitätsgesichert, 49–52, 55
Erregerbelastung, 16, 17
Erregernachweis, 18
Erregerreduktion, 16, 18, 38, 39
Erregertransmission, 16
Ethik, 2, 9, 15, 27, 35, 38, 41, 44–47, 55, 57
EU-Kontext, 36, 48, 50
Evaluation, 5, 9, 11, 16, 20, 32, 40, 43–45, 58
Evidenz, 5, 6, 9, 35, 39, 40, 43–45, 54, 57
Evidenzlage, 5, 43

F

Fehlerfreiheit, 49
Fisher-Test, 11
Fitness, 3–5, 10, 12, 53
Fortschritt, 42
Fotografie
 digital, 22
 konventionell, 22
Fragebögen, 11, 20, 21, 29, 30
 Attrakdiff2, 29, 30, 42
 Profile of Mood States (POMS), 29, 30
 System Usability-Scale (SUS), 21
Freiwilligkeit, 46, 54

Funktion, 54
Funktionalität, 44, 49, 51–54
Funktionstypen (Apps), 3–5

G

Garantie, 16, 38
Gebrauchstauglichkeit, 44, 50, 51
Gefahren, 18, 35, 38
Gerechtigkeit, 46, 47
Gesundheit, 2–4, 15, 22, 26, 37, 44, 47, 49, 50, 52, 53, 57, 58
Gesundheit und Fitness (App-Kategorie), 5, 53
Gesundheit, mobile, *siehe* mHealth (mobile Health)
Gesundheits-Apps, 2–5, 10, 12, 36, 43, 45, 46, 49, 51, 57
Gesundheitsbewusstsein, 36
Gesundheitsdienstleister, 12, 37
Gesundheitsförderung, 4
Gesundheitskompetenz, 46
Glaubwürdigkeit, 13, 36
Google, 3, 5, 23, 37, 40, 41, 53
 Android, 4, 5, 12, 13, 16, 23, 24
 Google Glass, 23–26, 40–42, 57
Google Glass, 23–26, 40–42, 57
Grundgesetz, 49
Gute Wissenschaftliche Praxis, 46, 55

H

Haftung, 37, 38, 44, 47, 48
Haftungsrisiken, 38, 47
Hedonische Qualität, 30
 Attraktivität (ATT), 30
 Identifikation (HQ-I), 30
 Stimulation (HQ-S), 30
Heil- und Gesundheitsberufe, 5
Heilkunde, 3
Hersteller, 2, 5, 15–18, 37, 38, 41–43, 47, 48, 50, 54, 55
Hygiene, 2, 9, 13, 15, 16, 18, 35, 38, 39, 41, 57
Hürden, 4, 5, 9, 15, 19, 20, 36, 37, 39, 57

I

Implementierung, 10, 35, 37, 40, 45, 51, 52, 57
Impressum, 52, 54
Industrie, 9, 35
Informationspflicht, 43
Informationssicherheit, 50
Interessenkonflikten, 54
Intervention, 3, 4
Intransparenz, 3

iOS, 4, 5, 13, 16, 20, 28, 36
 iSignit-app, 57
 ISO/IEC 25010, 50

K

kognitiv, 27, 42
 Komfort, 4, 14, 25, 44, 46
 Kommunikation, 2, 9, 12, 14, 19–21, 35, 37–39, 57
 Chat, 14
 eMail, 13, 14
 Kommunikationsbarrieren, 20
 Kompatibilität, 14, 16, 51
 Konformitätsbewertungsverfahren, 47
 Kontamination, 16–18, 38, 57
 Kontrolle, 46, 47, 54
 Korrektheit, 49
 Krankenversicherungen/-kassen, 12, 37, 43, 46

L

Laptop, 23, 25, 41
 Lebenszyklus, 50
 Lehrbuch, 27–32, 42
 Lehre, 2, 9, 25, 27, 35, 38, 41, 57
 Lehrzwecke, 26
 Leichenschau, 23–26, 41
 Lerneffizienz, 42
 Lernerfahrung, 27, 29–31
 Lernerfolg, 27, 30
 Lernkarten, 28
 Lernphase, 29, 31

M

mARble-App, 27–32, 42, 57
 Marker, 28, 29, 31, 42
 Markt (Gesundheits-Apps)
 Bedingungen, 50
 Eingangsvoraussetzungen, 49
 Entwicklung, 2, 3, 53
 Konsumenten, 23
 Situation, 5
 Medizin, 3, 4, 9, 11, 42
 Medizin (App-Kategorie), 3, 5, 53
 Medizinerinnen und Mediziner, *siehe* Ärztinnen
 und Ärzte
 Medizinprodukt, 12, 41, 43, 44, 47–50
 Medizinproduktegesetz, 49
 Medizinproduktegesetz (MPG), 48
 Methodengüte, 53
 mHealth (mobile Health), 2, 3, 6, 9, 11, 13, 15, 35,
 36, 43–47, 54, 55, 57
 mHealth-Kodex, 46, 47

Mikroorganismen, 18
 Misstrauen, 43
 Mobilgeräte, 2, 3, 12–14, 18, 19, 38, 41, 57
 App-fähig, 12, 36
 Monte Carlo-Approximation, 11
 Multiple Choice-Test, 29–31, 42

N

Nachschlagewerke, 37
 Nebenwirkungen, 12, 39, 47, 55
 Nicht-Schaden, 46, 47
 Nutzen, 5, 9, 10, 26, 35, 40, 43–46, 50, 54, 55, 57,
 58
 Nutzererfahrung, 20, 21, 25, 41
 Nutzersicherheit, 52
 Nutzungsbarrieren, 19
 Nutzungsrate, 12, 14, 36
 Nutzungssituation, 9, 35

O

Obduktion, 22–26, 41
 Objektivität, 45, 53
 „off label“, 4
 Organisationsverschulden, 39
 Outcome, 37

P

PAS 277:2015, 51
 Patientinnen und Patienten, 2–5, 10–15, 18–21, 26,
 27, 35–40, 44, 49, 54, 57
 Pflege, 35
 Pflegende, 5, 16, 20, 21, 40
 Phablets, 2
 Point-of-Care, 3
 Politik, 6, 9, 10, 35, 54, 57
 Portabilität, 52
 Potenziale, 2, 46
 Potenziäle, 15, 23, 27, 31, 32, 35, 37, 41, 55, 57, 58
 Pragmatische Qualität, 30
 Privatheit, 46
 Profile of Mood States (POMS), 29, 30, 42
 Prävention, 3, 4
 Prüfärztinnen und -ärzte, 49

Q

Qualität, 14, 15, 27, 35, 39, 41, 49, 50, 52, 53, 58
 Versorgung, 39
 Qualitätsinitiativen, 36
 Qualitätskriterien
 App/produktbezogen, 14, 15, 45, 50, 51

Bilddaten, 24, 25
Qualitätsmanagement, 39, 50, 53
Qualitätssicherung, 36, 50, 52

R

Rahmenbedingungen, 9, 10, 35, 43, 57
Rationale, 52, 54
Recht, 2, 9, 10, 15, 22, 35, 38, 41, 44, 47–49, 52, 57
Rechtskonformität, 52
Rechtsmedizin, 22–24, 27, 28, 40, 41
Region of Interest (Bildausschnitt), 24, 25
Regulation, 6, 15, 37, 41, 44, 47, 50, 52, 54
Rehabilitation, 3
Rekrutierung, 44
Reliabilität, 45, 53
Risiken, 5, 6, 9, 10, 15, 16, 35, 36, 38, 43, 44, 46, 47, 50, 52–55
 gesundheitliche, 43
Risiko-Nutzen-Abwägung, 9, 35, 38, 43, 46, 54, 57
Risikomanagement, 50

S

Schadensersatzforderungen, 38
Schussverletzung, 28, 29, 42
Sektion, 22–26, 41
Selbstbestimmung, 46
Selbstbestimmungsrecht, 46
Setting
 ambulant, 36
 klinisch, 2, 17–19, 36, 40, 57
 Lehre, 29, 32
 nichtklinisch, 17, 18
 Rechtsmedizin, 24, 25
Sicherheit, 5, 10, 13, 37, 39, 41, 48, 50
Smart Glasses, 22, 40
Smart Watches, 38
Smart-Devices, 12, 13, 16
Smartphone, 2, 13, 16, 28, 36, 38, 39
Sorgfaltspflicht, 38, 39, 48
Spiegelreflexkamera, 24–26, 41
Sprachbarrieren, 19, 20
Stakeholder, 10, 35, 54
Studiensponsor, 48, 49, 53
Studierende, 5, 10, 26, 27, 29, 30, 41
Symptome, 12
System Usability-Scale (SUS), 21, 22

T

Tablet-PCs, 2, 13, 16, 24, 36, 38, 57
Technik, 2, 10, 13, 15, 22, 23, 35, 36, 40, 43, 44
Technologie, 2, 5, 6, 9–11, 13, 15, 16, 19, 26, 35–37, 43–47, 54, 55, 57
Teilnahmegerechtigkeit, 45
Therapeuten, 5
Therapeutinnen und Therapeuten, 5
Therapie, 4, 10, 12
Transparenz, 46, 52, 53

U

Übersetzungs-Apps, 21, 39, 40, 57
Unabhängigkeit, 53

V

Validität, 45, 46, 53, 54
Verlässlichkeit, 51, 54
Versicherungen, 12, 37, 43, 46
Versorgung, 2–5, 9, 15, 19, 35, 37, 39, 47, 49
 ambulante, 10
 klinische, 10, 15
Verteilung, 44
Vertrauen, 15, 36
Vertrauenswürdigkeit, 53
Verzerrungen, 17, 35, 45, 53
Virtual Reality, 42
Volkszählungsgesetz, 49

W

Wartbarkeit, 52
Wearables, 2, 22
Wellness, 3
Wirksamkeit, 54
Wirkungen, 12, 44
Wirtschaft, 15, 35, 36, 49, 57
Wissen, 10, 35, 48
Wohltun, 46, 47, 49

Z

Zertifizierer, 53
Zertifizierung, 53, 54
Zielgruppe, 37, 46, 52
Zuverlässigkeit, 13, 49, 51, 52
Zweckbestimmung, 47, 48, 52

Originalarbeiten

Original Paper

Mobile Technologies: Expectancy, Usage, and Acceptance of Clinical Staff and Patients at a University Medical Center

Kristin Illiger^{1*}, MA; Markus Hupka^{1*}; Ute von Jan^{1*}, Dr rer biol hum; Daniel Wichelhaus^{2*}, MD, DPhil; Urs-Vito Albrecht^{1*}, MD, MPH

¹PL Reichertz Institute for Medical Informatics, Hannover Medical School, Hannover, Germany

²Faculty IV, University of Applied Sciences and Arts, Hannover, Hannover, Germany

*all authors contributed equally

Corresponding Author:

Urs-Vito Albrecht, MD, MPH

PL Reichertz Institute for Medical Informatics

Hannover Medical School

Carl-Neuberg-Street 1

Hannover, 30625

Germany

Phone: 49 511 532 ext 3508

Fax: 49 511 532 2517

Email: albrecht.urs-vito@mh-hannover.de

Abstract

Background: Despite their increasing popularity, little is known about how users perceive mobile devices such as smartphones and tablet PCs in medical contexts. Available studies are often restricted to evaluating the success of specific interventions and do not adequately cover the users' basic attitudes, for example, their expectations or concerns toward using mobile devices in medical settings.

Objective: The objective of the study was to obtain a comprehensive picture, both from the perspective of the patients, as well as the doctors, regarding the use and acceptance of mobile devices within medical contexts in general well as the perceived challenges when introducing the technology.

Methods: Doctors working at Hannover Medical School (206/1151, response 17.90%), as well as patients being admitted to this facility (213/279, utilization 76.3%) were surveyed about their acceptance and use of mobile devices in medical settings. Regarding demographics, both samples were representative of the respective study population. GNU R (version 3.1.1) was used for statistical testing. Fisher's exact test, two-sided, alpha=.05 with Monte Carlo approximation, 2000 replicates, was applied to determine dependencies between two variables.

Results: The majority of participants already own mobile devices (doctors, 168/206, 81.6%; patients, 110/213, 51.6%). For doctors, use in a professional context does not depend on age ($P=.66$), professional experience ($P=.80$), or function ($P=.34$); gender was a factor ($P=.009$), and use was more common among male (61/135, 45.2%) than female doctors (17/67, 25%). A correlation between use of mobile devices and age ($P=.001$) as well as education ($P=.002$) was seen for patients. Minor differences regarding how mobile devices are perceived in sensitive medical contexts mostly relate to data security, patients are more critical of the devices being used for storing and processing patient data; every fifth patient opposed this, but nevertheless, 4.8% of doctors (10/206) use their devices for this purpose. Both groups voiced only minor concerns about the credibility of the provided content or the technical reliability of the devices. While 8.3% of the doctors (17/206) avoided use during patient contact because they thought patients might be unfamiliar with the devices, (25/213) 11.7% of patients expressed concerns about the technology being too complicated to be used in a health context.

Conclusions: Differences in how patients and doctors perceive the use of mobile devices can be attributed to age and level of education; these factors are often mentioned as contributors of the problems with (mobile) technologies. To fully realize the potential of mobile technologies in a health care context, the needs of both the elderly as well as those who are educationally disadvantaged need to be carefully addressed in all strategies relating to mobile technology in a health context.

(JMIR *mHealth uHealth* 2014;2(4):e42) doi:[10.2196/mhealth.3799](https://doi.org/10.2196/mhealth.3799)

KEYWORDS

survey; mobile health; mobile apps; health care; privacy; data protection; patients; medical staff; staff attitude

Introduction

Mobile Phones and Health Care

The widespread use of mobile devices such as smartphones and tablets, or more specifically, mobile devices able to run various types of application software (apps) does not stop at health care; apps running on such devices provide users with health information, measure their bodily functions, remind them about taking their medication, or support diagnostics. According to current findings by Tran et al (2014), in medicine, the use of mobile phones in a medical setting is increasingly coming into the focus of (international) research [1]. Studies performed in these contexts often deal with, and identify chances as well as challenges and risks of using health apps and medical apps in health care [2-4].

The use of mobile devices in daily clinical practice does not only touch on questions regarding technical feasibility, structural framework conditions, or political aspects, rather, using or refraining from using these devices should always be an individual choice of the clinicians. Based on a longitudinal study where we surveyed medical doctors working at the Hannover Medical School at two points in time, specifically the summer of 2012 and spring of 2014, we were able to confirm that the use of mobile devices in professional settings is rapidly increasing, both when collaborating with colleagues as well as when interacting with patients [5]. This increase does not only cover the increased frequency of use, but also the expansion of the areas of application where mobile devices are used. Our findings also show that there have been only marginal changes regarding concerns voiced by the staff regarding the use of smartphones and tablets. In contrast to [5], where we only evaluated how the use of mobile devices in a professional setting had changed between 2012 and 2014, this time around we also wanted to include patients. Specifically, we wanted to determine whether there are any notable differences in how patients and doctors view the use of mobile devices when it comes to using them in a health related context.

Narrow Perspectives of Previous Studies

Many publications only consider a relatively narrow perspective, for example, the patients' [6,7], or doctors' [8,9] point of view, or a specific field of application [10] when looking at the challenges and potentials of using mobile devices in a clinical context. Also, these studies often only look at whether mobile devices work for a specific intervention or area of application, rather than at the general question of what makes their use

attractive for potential users or which factors may keep potential users from using the devices. Thus, one may miss the chance of painting a comprehensive picture of the acceptance and use of mobile devices in medical settings, which would be necessary for letting both groups, patients as well as medical professionals, participate and benefit from mobile technical innovations during the care process. Only when including these aspects is it possible to account for the qualms doctors, as well as their patients, may have regarding the use of mobile devices in medicine.

The Objectives

Our objective was therefore to obtain a comprehensive picture of how mobile smart devices are perceived in medical contexts, and how they are used in reality. The evaluation therefore covers not only the purposes for which both doctors as well as their patients are already using mobile smart devices, but also concerns they may have or challenges they perceive when using such technology. In this context, it was also of interest whether medical professionals have a different view with respect to the use of mobile technology or toward the perceived dangers.

Methods

Multi-Perspective Approach

Based on a multi-perspective approach, doctors working at Hannover Medical School, a maximum care university hospital located in northern Germany, as well as patients being admitted to this facility, were surveyed about their acceptance of mobile devices in medical settings and how they made use of this technology. This study was registered with the institutional review board of Hannover Medical School (trial number 1206-2011).

Doctors' Survey

Data regarding doctors were obtained based on a standardized and anonymous online survey that was performed between February 6th and March 12th, 2014. All doctors employed by Hannover Medical School during this time span were invited to participate. Following the first call for participation, two reminders were sent to those who had not yet participated. Altogether, 206 out of 1151 eligible doctors participated in the survey, corresponding to a response rate of 17.90%. The sociodemographic data of those who answered are representative of the overall population of doctors working at Hannover Medical School [11]. Table 1 describes the sociodemographic data for the sample (206/1151) we obtained.

Table 1. Sociodemographic data of the physicians (206/1151) who answered the survey.

Sociodemographic data of the physicians		Number of physicians who answered survey=206, n (%)
Gender		
	Male	135 (65.5)
	Female	67 (32.5)
	Not specified	4 (1.9)
Age (years)		
	18-25	1 (0.5)
	26-35	80 (38.8)
	36-45	92 (44.2)
	46-55	23 (11.2)
	56 and older	6 (2.9)
	Not specified	5 (2.4)
Work experience (years)		
	None	4 (1.9)
	1 up to 2	11 (5.3)
	2 up to 4	31 (15.0)
	4 up to 6	26 (12.6)
	6 up to 10	35 (17.0)
	10 up to 20	69 (33.5)
	20 up to 30	20 (9.7)
	30 and longer	7 (3.4)
	Not specified	3 (1.5)
Role		
	Chief physician	1 (0.5)
	Consultant	75 (36.4)
	Attending	25 (12.1)
	Junior doctor	99 (48.1)
	Not specified	6 (2.9)

Patients' Survey

A systematic random sample of adult patients presenting at the central admissions point of Hannover Medical School was used to perform the patient specific survey. Patients below 18 years of age were not included in the survey, since at Hannover Medical School, children and adolescents are not admitted via the central admissions point, but through the separate admissions point of the pediatric clinic. The survey was performed on five days (over periods of two to four hours per day) between November 12th, 2013 and December 10th, 2013. During the survey, altogether N=558 patients entered the central admissions point and every second patient (279/558) was asked whether he or she was willing to participate in the survey. The survey was performed in the form of oral interviews, and the survey personnel consisted of 7 students of the University of Applied

Sciences and Arts at Hannover who had been instructed about how to perform the interviews; specifically how to go through the questions; to provide explanations when needed, but to refrain from using suggestive explanations; and to avoid touching on personal matters such as specifics of a patient's condition. Altogether, 213/279 individuals were willing to participate and were thus included in the survey, corresponding to a utilization rate of 76.3%. Main reasons for not participating were language problems, as well as patients being called in too soon to finish the survey.

The demographics (age, gender, etc) of the patients included within the survey (Table 2) were comparable to the demographics of the overall patient population (provided in anonymized form by the hospital's administration) encountered at the admissions point during the survey.

Table 2. Demographics of the patients (n=213) participating in the survey.

Sociodemographic data of the patients		n (%)
Gender		
	Male	115 (54.0)
	Female	85 (39.9)
	Not specified	13 (6.1)
Age (years)		
	18-25	18 (8.5)
	26-35	30 (14.1)
	36-45	26 (12.2)
	46-55	30 (14.1)
	56-67	47 (22.1)
	68 and above	47 (22.1)
	Not specified	15 (7.0)
Educational level		
	Primary school	2 (0.9)
	Lower secondary school	37 (17.4)
	Intermediate secondary school	73 (34.4)
	Upper secondary school	84 (39.4)
	Not specified	17 (8)
Condition		
	Acute	73 (34.3)
	Chronic	123 (57.7)
	Not specified	17 (8.0)

Instruments Used During the Survey

Questions Used for Doctors

Although different means were used for administering the surveys for patients and doctors, in accordance with our objectives, the design of the questionnaires used for surveying both patients and doctors was largely similar. Depending on the question, answers were either given as “yes” or “no”, as a choice between various options, or as free text answers.

The electronic questionnaire used for surveying the doctors contained 15 items (see [Multimedia Appendix 1](#)) that were relevant for the presented evaluation. Another 12 items that were also included in the questionnaire focused on a slightly different subject area and are thus not included here.

Among others, two questions dealt with whether the participant had access to a mobile device, and if so, which type of device was available. Another seven questions covered current and desired usage scenarios (including one question with free text answers where the participants could state which, if any, apps they were already using), as well as possible concerns arising from the use of mobile devices in a medical context. In addition, the participants were given an opportunity to voice their opinion or make remarks by entering text in a text entry field. They were also asked to provide information about their age and gender,

as well as their professional experience (none, 1 up to 2 years, 2 up to 4 years, 4 up to 6 years, 6 up to 10 years, 10 up to 20 years, 20 up to 30 years, 30 years, and more), as well as their professional function (chief physician, consultant, attending, junior doctor). There was also one field where the participants could enter remarks.

Questions Used For Patients

The questionnaire employed for the oral interviews of the patients contained 17 items (see [Multimedia Appendix 2](#)). Again, the first two questions covered availability of a mobile device, as well as the type of device (if one was available). Another five items covered current and desired use of mobile devices with respect to medical and health issues. An additional five items were included to obtain information about the participants’ attitude toward mobile devices being used by their attending physicians. There were also four questions regarding age, gender, as well as the school-leaving qualification, and whether the patients were seeking help for an acute or a chronic condition. This was of interest since various factors, including but not limited to, age and educational level may influence access to mobile technologies, as well as the level of competence individuals exhibit when dealing with such technologies [12-14]. Also, patients with chronic conditions are often rated as “experts” when it comes to their condition, dealing with the condition on a daily basis, medication for their condition, etc

[15,16]. In this light, we were therefore interested whether, and, if yes how, the answers provided regarding use and appraisal of mobile devices in a medical context differed between patients presenting with acute or chronic conditions. According to [15], chronic conditions are defined as the "...result of an ongoing process of degenerative changes in the somatic or psychological status". Nevertheless, in literature, there is no uniformly recognized definition of the amount of time needed to make an acute condition chronic, and numbers often range between 3 and 6 months [17,18]. In the context of our evaluation, we decided to use a duration of at least 6 months to define a "chronic condition".

Statistical Methods

GNU R (version 3.1.1) was used for statistical evaluation. Fisher's exact test, two-sided, $\alpha=.05$ with Monte Carlo approximation, 2000 replicates, was applied to determine dependencies between two variables. For the patient survey, calculations were performed following the assumptions outlined in section "Instruments", specifically for age, gender, education, and disease status. For evaluating the data obtained from the doctors' survey, regarding professional function, the values obtained for chief physicians and consultants were aggregated since there was a low response rate from chief physicians. In addition, regarding the educational level of the patients, those who had attended primary school or lower secondary school were also aggregated since the number of patients who had only finished primary school was low.

Results

Doctors' Survey

At the time of our second survey in 2014, the majority of doctors who had answered owned one or more mobile devices (168/206, 81.6%). There were (78/206) 37.9% of them that admitted to using the device for work purposes (without knowing how often they did so, since we did not ask for how frequently they used the devices). Another (77/206) 37.4% deem it highly probable that they would be using such a device for work in the future, (46/206) 22.3% believe this to be unlikely in the near future. Whether a mobile device is already used in a professional context does not depend on age ($P=.66$), professional experience ($P=.80$), or professional function ($P=.34$). However, this changes when looking at gender versus professional use of

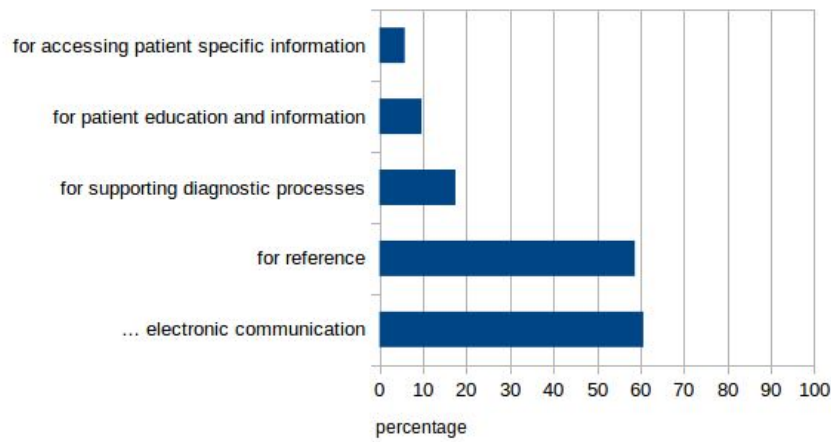
mobile devices ($P=.009$), with (61/135) 45.2%, use is more common among male participants than among female doctors, where only (17/67) 25% of those who had answered the survey were already using mobile devices for their work.

The majority of doctors who were using at least one mobile device for work had purchased or received the device(s) privately; only 12 had received a device from their employer. While a larger number of participants owned an iPhone, Android based phone, or Blackberry (158/168, admitting to professional use of mobile devices, 69/158), there is also a considerable number of those who own an Android or iOS based tablet PC (80/168, admitting to professional use of mobile devices, 46/80). Other mobile phones or tablets are negligible (7/168), and many doctors (69/168) own more than one device. Main application areas were sending emails (125/206, 60.7%) or looking up medical information (121/206, 58.7%). Almost every fifth participant admitted to using their devices during contact with patients, for example, for showing information to their patients or as a diagnostic aid (Figure 1 shows this information).

The types of apps that had been installed by the participating physicians, primarily, also mirror these activities; the interviewees stated that they used apps for literature searches, medication databases, or apps provided by medical journals. In the free text answers, there were two mentions of professional online networks for doctors where users can discuss specific cases.

Concerns regarding the use of mobile devices during physician-patient encounters were mainly voiced with respect to the safety of patient data (129/206, 62.6%), hygiene (80/206, 38.8%), and credibility of the provided content (67/206, 32.5%). For these three aspects, there were no differences between those already using mobile devices in the course of their work and those not (yet) using mobile devices for professional purposes. In contrast, the latter group worries more about the technical reliability of the devices than those already using them, and the significance between both groups is significant ($P=.03$). Only a few physicians were concerned about patients not having access to such technologies or being unfamiliar with it (17/206, 8.2%). Too much time being required for familiarizing oneself with mobile technology or lack of interest were of little consequence for the use of mobile devices in a professional context (6/206, 2.9%).

Figure 1. Activities the mobile devices were used for by the participating physicians.



Patients’ Survey

Over half of the participating patients (110/213, 51.6%) already use a smartphone and/or a tablet PC (mainly iPhones or Android devices, iPhone; 30/110, 27.3%; Android phones; 66/110, 60.0%). Availability and use of mobile devices presents itself

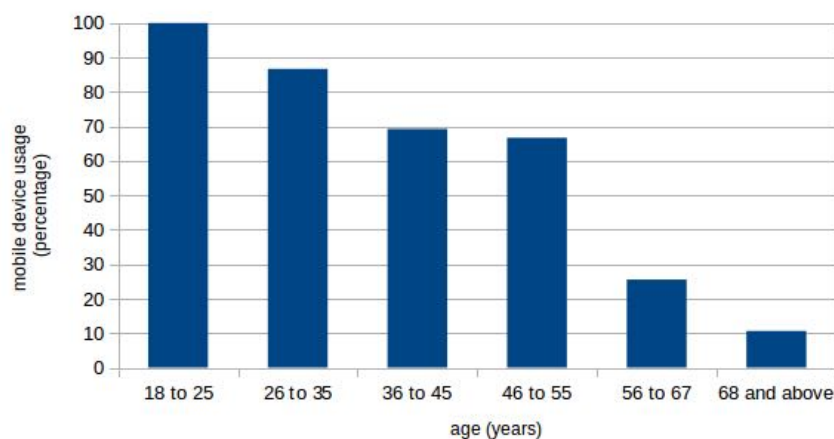
differently within different age groups (Figure 2 shows this information).

Apart from the association between age and ownership/availability of a mobile device ($P=.001$), there is also a significant correlation between education and ownership of such a device ($P=.002$), also see Table 3.

Table 3. Ownership of a mobile device versus educational level.

School-leaving qualification	Absolute number of participants who own a mobile device	Percentage per school-leaving qualification, % (n)
Primary or lower secondary school	11	30 (11/37)
Intermediate secondary school	39	53 (39/73)
Upper secondary school	52	62 (52/84)
Not specified	23	

Figure 2. Availability/ownership of mobile devices within different age cohorts.



Patients’ Use of Mobile Devices

There were (53/110) 48.2% of patients who owned a mobile device, and provided any information about their health related

usage of the device, that stated that they were using it for looking up health related information, and for managing their own health data. In this respect, chronically ill patients do not differ from those presenting with an acute condition. Main activities where

the devices are used in a health context are the search for information about symptoms and specific health conditions (43/53, 81%), or specific diagnostic methods as well as treatments (36/53, 68%), as well as looking up desired and adverse effects of specific medications, medical devices, and therapies (28/53, 53%). The devices are also often employed for searching for doctors (39/53, 74%) or pharmacies (37/53, 70%). Less often do those surveyed use their devices for communicating (via email, chat, etc) with their doctors (14/53, 26%), insurance companies (12/53, 23%), or other health care service providers (10/53, 19%).

When asked about what they would like to use a mobile device for, independent of whether they already own and use such a device or not, searching for doctors (106/213, 49.8%) and pharmacies (76/213, 35.7%), as well as looking up information about symptoms and specific health conditions are mentioned most often (82/213, 38.5%). Compared to the numbers above, communication with physicians gains importance (73/213, 34.3%). The use case patients mention least often is trying to establish a diagnosis on their own (18/203, 8.9%; [Figure 3](#) shows this information).

Of those owning a smartphone or tablet PC, (43/110) 39.1% have one or more health related apps installed on their device. Specific apps mentioned by the participants include fitness apps (four apps), apps provided by insurers (one app), apps for obtaining the heart rate (two mentions), weight loss apps (one app), as well as vision tests (one app), and apps for specific pharmacies (five mentions). Looking at the apps mentioned by the participants, it becomes clear that the apps they mention are health apps rather than medical apps, if one follows the definition of health apps and medical apps taken from [19], where Albrecht et al recommend a differentiation between the terms “health app” and “medical app”, based on the definitions of “health” given by the World Health Organization in 1946, where health is defined as “a state of complete physical, mental, and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” [20]. Apps with a purpose that follow this definition of health can therefore be counted as “health apps”, and this

also includes fitness and wellness related apps, and the apps mentioned by our participants clearly fall into this category.

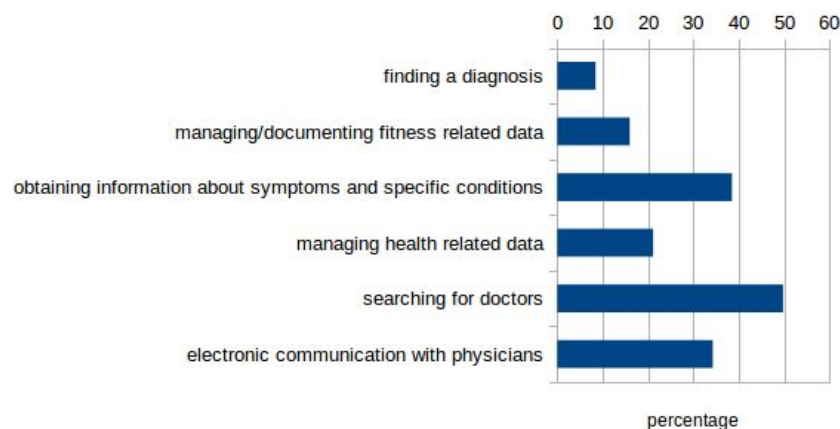
In contrast, although apps that deal with the prevention of diseases, injuries, or support diagnostics and treatment could also be covered by the term “health apps”, they should more fittingly be labeled as “medical apps”, such apps clearly touch on areas typically covered by health care professionals, and thus, assigning the label “medical app” seems more appropriate to underline their diagnostic and therapeutic aspects [19]. None of the apps mentioned by the patients participating in our survey meets this definition of a “medical app”.

Apart from their own use behavior, we also asked whether they have any reservations about using the devices, and whether they are comfortable with doctors using mobile devices during patient-physician interactions. The majority tolerated communication related use during such interactions. There were (180/199) 90.5% (who answered this question) that consider it acceptable if doctors use the devices to illustrate something. Almost three quarters of the participants (155/197, 78.7% of those who answered this question) have no problem if doctors use a mobile device to inform themselves about their condition.

In the context of physicians using mobile devices while treating them, those surveyed were particularly worried about data protection. Roughly every fifth participant (45/202, 22.3%) did not want their doctors to save or process their individual health related data on a mobile device, whereas (145/202) 71.8% considered it acceptable.

This is also mirrored by answers given regarding general use of mobile devices in the context of health and illness. Again, data protection was the aspect about which the participants had the greatest reservations (113/213, 53.1%). They worried less about the technical reliability of the mobile devices (28/213, 13.1%) or susceptibility of the software (31/213, 14.6%). There were 11.7% (25/213) that were worried that the devices might be too complicated to use in a health context, most of these among those participants who did not yet own or have access to such devices (20/25).

Figure 3. Health related activities patients would like to perform with their mobile devices.



Discussion

Principal Results

The physicians who participated in the survey mirror the widespread use of mobile devices; in this group, four out five (168/206, 81.6%) own a smartphone or tablet PC. In contrast, only every second patient (110/213, 51.6%) in our survey uses such a device, although the usage rate is equally high in the younger age groups, and only tapers off with increasing age of the participants, and especially for pensioners. Altogether, although addressing mobile smart devices in a broader sense, our findings for both groups mirror those of [21], where age and gender were strong predictors of advanced smartphone use in Germany, but also other European countries as well. And while one may argue that at least age wise, our sample of patients may not quite be representative of the overall population in Germany (with younger persons being somewhat underrepresented), due to our method of recruitment, we believe the participants to at least be representative for the typical patient population that doctors at a maximum care facility such as Hannover Medical School have to deal with in Germany.

Mobile devices are rarely used during direct contact between doctors and patients; rather, patients as well as physicians use them for looking up health related information or information about specific conditions. Although about half of the patients do not yet use a mobile device, the majority of patients would not object to doctors using mobile devices. Most of the patients have no problem with physicians using mobile devices to inform themselves about the patients' condition, and about half of the physicians in our survey actually do so. Similarly, the vast majority of patients would have no objections to doctors using their device for patient education and providing or illustrating information, but in fact, less than 10% of physicians (20/206, 9.7%) use the devices for this purpose. Patients are more critical of doctors using their devices for storing and processing patient related data; every fifth patient has qualms about this, but approximately 5% of doctors (10/206, 4.8%) using a mobile device in the line of their work also use it for this purpose.

From our results, it is clear that the majority of patients do not have problems with doctors using mobile devices while caring for them. About one third of patients would like to be able to contact their doctors via electronic communication methods (email, chat, etc) using their smartphone or tablet PC. In view of the high rate of acceptance of mobile devices, the question arises whether the full potential of mobile technologies in physician-patient contacts, and the care process, is being realized. Problems with data protection and data security probably play an important role when it comes to explaining the slow progress in introducing mobile devices in this context. Both physicians as well as patients are worried about protection and security of sensitive patient data. Although one may suspect a seasonal effect on the answers, due to recent revelations about

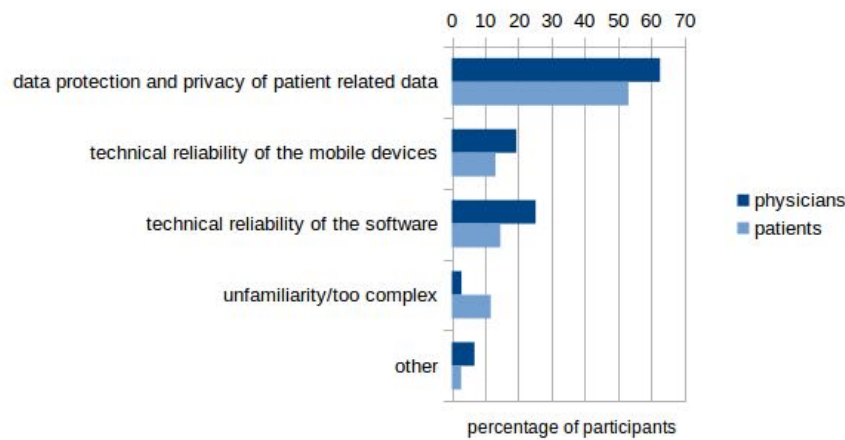
surveillance and cyber-espionage, data protection and privacy issues have always been on the political agenda.

Participants of both groups voiced only few concerns about the credibility of the content provided by the software or about the technical reliability of the devices (Figure 4 shows this information). There were only few doctors (17/206, 8.3%) who would refrain from using mobile devices during patient contact because they thought patients might be unfamiliar with or might not have access to such technology. All the same, 11.7% (25/213) of the surveyed patients expressed concerns that the use of smartphones and tablet PCs might be too complicated when it comes to health issues.

Our results support the claim that for patients, age and education play an important role in the use of mobile devices. They clearly show the digital divide that is so often mentioned in literature for older people, as well as educationally disadvantaged individuals [12,13]. Concerns about using mobile technologies in a medical context are often associated with whether patients are familiar with using mobile devices; those who own a mobile device clearly differ from those who do not have access to such a device. Still, another aspect also needs to be considered; access to and familiarity with computers with Internet access or mobile devices that also provide access to various (online) sources of information does not yet say anything about whether users can competently use this technology. Age, gender, and education are often mentioned as factors that contribute to either competent use or problems with such technologies, although this influence will probably lessen over time [12,13]. Considering the sociodemographic data available for the participating patients, it is clear that the majority of patients presenting at the central admissions point are of higher age, and there is also a considerable number of patients with lower and intermediate levels of education. Therefore, to fully realize the potential of mobile technologies in a health care context, one should include both the elderly as well as those who are educationally disadvantaged in all considerations, and implement measures to carefully introduce them to using these technologies in a safe manner.

For professional users, in spite of their prevalence, there has so far been little research supporting the use of mobile smart devices, a point also noted (albeit for emergency medicine) in [10]; available studies with similar aims regarding use of mobile devices by physicians are often either somewhat dated, at least considering the rapid developments in mobile technology [22-24], or they only consider a narrow angle [25,26].

Altogether, our findings, as well as the scarcity of literature on the matter, emphasize the need for further research into the use of mobile devices in medical settings, independent of which user group one considers, in order to fully realize the potentials mobile technologies can offer in medicine, while respecting users' needs, hopes, and concerns.

Figure 4. Concerns voiced by the participants about using mobile devices in a clinical setting.

Conclusions

In conclusion, to ensure successful integration of mobile technologies in health care, in addition to expanding research, providers of medical content should be urged to closely check the requirements for their digital products, to ensure that they can be used in a safe manner, and to adapt their products to the needs of the specific users groups they target.

Our results suggest that the use of mobile devices during physician-patient contact will increase in the years ahead. Currently, only one out of five doctors consider it unlikely that he will use a mobile device for his work in the near future; for patients, usage rates will probably also increase as the younger generation, often called “digital natives”, moves up. Still, even though future patients and doctors will be increasingly familiar with mobile technologies, it is of utmost importance to educate them about how to safely use it.

Acknowledgments

We would like to thank the participating patients and physicians for their help. Special thanks also go to the students of the University of Applied Sciences of Hannover for conducting the patient survey at the central admissions point. The analysis was financed solely based on institutional funds of the Hannover Medical School. We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft for the publication costs.

Conflicts of Interest

None declared.

Multimedia Appendix 1

Relevant questions of the questionnaire used for the doctor's survey.

[[PDF File \(Adobe PDF File\), 7KB - mhealth_v2i4e42_app1.pdf](#)]

Multimedia Appendix 2

Questionnaire used during the patient's survey.

[[PDF File \(Adobe PDF File\), 9KB - mhealth_v2i4e42_app2.pdf](#)]

References

1. Tran K, Morra D, Lo V, Quan SD, Abrams H, Wu RC. Medical students and personal smartphones in the clinical environment: The impact on confidentiality of personal health information and professionalism. *J Med Internet Res* 2014;16(5):e132 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.2196/jmir.3138](https://doi.org/10.2196/jmir.3138)] [Medline: [24855046](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24855046/)]
2. Cho J, Park D, Lee HE. Cognitive factors of using health apps: Systematic analysis of relationships among health consciousness, health information orientation, eHealth literacy, and health app use efficacy. *J Med Internet Res* 2014;16(5):e125 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.2196/jmir.3283](https://doi.org/10.2196/jmir.3283)] [Medline: [24824062](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24824062/)]

3. Fox S, Duggan M. Mobile health 2012. Washington, D.C.: PewResearchCenter; 2012. URL: http://www.pewinternet.org/files/old-media/Files/Reports/2012/PIP_MobileHealth2012_FINAL.pdf [accessed 2014-03-28] [WebCite Cache ID 60PKPEoit]
4. Dennison L, Morrison L, Conway G, Yardley L. Opportunities and challenges for smartphone applications in supporting health behavior change: Qualitative study. *J Med Internet Res* 2013;15(4):e86 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.2583](https://doi.org/10.2196/jmir.2583)] [Medline: [23598614](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23598614/)]
5. Illiger K, von Jan U, Albrecht UV. Professional use of mobile devices at a university medical center. *Biomed Tech* 2014;59(S1):S691 [FREE Full text] [doi: [10.1515/bmt-2014-4297](https://doi.org/10.1515/bmt-2014-4297)]
6. Yap KY, Chia Y, Low XH, Chan A. Technological preferences of aging cancer patients for delivery services and devices to solve drug-related problems in oncology. *Support Care Cancer* 2014 Oct;22(10):2733-2740. [doi: [10.1007/s00520-014-2266-4](https://doi.org/10.1007/s00520-014-2266-4)] [Medline: [24801346](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24801346/)]
7. Migo EM, Haynes BI, Harris L, Friedner K, Humphreys K, Kopelman MD. mHealth and memory aids: Levels of smartphone ownership in patients. *J Ment Health* 2014 Sep 4:1-5. [doi: [10.3109/09638237.2014.951479](https://doi.org/10.3109/09638237.2014.951479)] [Medline: [25188922](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25188922/)]
8. Putzer GJ, Park Y. Are physicians likely to adopt emerging mobile technologies? Attitudes and innovation factors affecting smartphone use in the Southeastern United States. *Perspect Health Inf Manag* 2012;9:1b [FREE Full text] [Medline: [22737094](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22737094/)]
9. Handler SM, Boyce RD, Ligons FM, Perera S, Nace DA, Hochheiser H. Use and perceived benefits of mobile devices by physicians in preventing adverse drug events in the nursing home. *J Am Med Dir Assoc* 2013 Dec;14(12):906-910. [doi: [10.1016/j.jamda.2013.08.014](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.08.014)] [Medline: [24094901](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24094901/)]
10. Dexheimer JW, Borycki EM. Use of mobile devices in the emergency department: A scoping review. *Health Informatics J* 2014 Apr 29. [doi: [10.1177/1460458214530137](https://doi.org/10.1177/1460458214530137)] [Medline: [24782479](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24782479/)]
11. Miemietz B. Hannover Medical School. 2011. Gleichstellungsbericht 2010 URL: http://www.mh-hannover.de/fileadmin/organisation/beauftragte/gleichstellung/bilder/berichte/Gleichstellungsbericht_2010_der_MHH_FINAL.pdf [accessed 2014-08-21] [WebCite Cache ID 6RzcBjbWo]
12. Barckhausen A, Braun K, Croll J, Dautermann A, Dier M, Dubrau C, et al. Lernen im Alter: Hilfe zur Selbsthilfe Erlebnis Internet - Erfahrung schaffen. In: Kampmann B, Keller B, Knippelmeyer M, Wagner F, editors. *Die Alten und das Netz: Angebote und Nutzung jenseits des Jugendkults (German Edition)*. Germany: Gabler Verlag; 2012.
13. Schweiger W, Ruppert AK. In: Schorb B, editor. *Medien und höheres Lebensalter. Theorie-Forschung-Praxis*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften; 2010:171-186.
14. Kontos E, Blake KD, Chou WY, Prestin A. Predictors of eHealth usage: Insights on the digital divide from the health information national trends survey 2012. *J Med Internet Res* 2014;16(7):e172 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.3117](https://doi.org/10.2196/jmir.3117)] [Medline: [25048379](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25048379/)]
15. Badura B. Soziale Faktoren bei der Entstehung und Bewältigung von Krankheit - ein Überblick über die empirische Literatur. In: *Soziale Unterstützung und chronische Krankheit: zum Stand sozialepidemiologischer Forschung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp; 1981.
16. Tattersall R. The expert patient: A new approach to chronic disease management for the twenty-first century. *Clin Med* 2002;2(3):227-229. [Medline: [12108472](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12108472/)]
17. Australian Government Department of Health and Ageing. Medicare benefits schedule book. Operating from 01 January 2013. Canberra: Commonwealth of Australia; 2014. URL: [http://www.mbsonline.gov.au/internet/mbsonline/publishing.nsf/Content/1BC94358D4F276D3CA257CCF0000AA73/\\$File/201404-MBS.pdf](http://www.mbsonline.gov.au/internet/mbsonline/publishing.nsf/Content/1BC94358D4F276D3CA257CCF0000AA73/$File/201404-MBS.pdf) [accessed 2014-10-05] [WebCite Cache ID 6T6MTMYYY]
18. van den Akker M, Buntinx F, Metsemakers JF, Roos S, Knottnerus JA. Multimorbidity in general practice: Prevalence, incidence, and determinants of co-occurring chronic and recurrent diseases. *J Clin Epidemiol* 1998 May;51(5):367-375. [Medline: [9619963](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9619963/)]
19. Albrecht UV, Pramann O, von Jan U. Chapter 7: Synopsis for health apps - transparency for trust and decision making. In: Househ M, Borycki E, Kushniruk A, editors. *Social media and mobile technologies for healthcare*. Hershey, Pennsylvania: IGI Global; 2014:94-108.
20. Grad FP. The Preamble of the Constitution of the World Health Organization. *Bull World Health Organ* 2002;80(12):981-984 [FREE Full text] [Medline: [12571728](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12571728/)]
21. Fortunati L, Taipale S. The advanced use of mobile phones in five European countries. *Br J Sociol* 2014 Jun;65(2):317-337. [doi: [10.1111/1468-4446.12075](https://doi.org/10.1111/1468-4446.12075)] [Medline: [24697752](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24697752/)]
22. Prgomet M, Georgiou A, Westbrook JI. The impact of mobile handheld technology on hospital physicians' work practices and patient care: A systematic review. *J Am Med Inform Assoc* 2009;16(6):792-801 [FREE Full text] [doi: [10.1197/jamia.M3215](https://doi.org/10.1197/jamia.M3215)] [Medline: [19717793](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19717793/)]
23. Wu RC, Morra D, Quan S, Lai S, Zanjani S, Abrams H, et al. The use of smartphones for clinical communication on internal medicine wards. *J Hosp Med* 2010;5(9):553-559. [doi: [10.1002/jhm.775](https://doi.org/10.1002/jhm.775)] [Medline: [20690190](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20690190/)]
24. Payne KB, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): A regional survey. *BMC Med Inform Decis Mak* 2012;12:121 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1472-6947-12-121](https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-121)] [Medline: [23110712](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23110712/)]

25. O'Reilly MK, Nason GJ, Liddy S, Fitzgerald CW, Kelly ME, Shields C. DOCSS: Doctors on-call smartphone study. *Ir J Med Sci* 2013 Dec 15. [doi: [10.1007/s11845-013-1053-4](https://doi.org/10.1007/s11845-013-1053-4)] [Medline: [24338079](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24338079/)]
26. Baysari M, Adams K, Lehnbohm E, Westbrook J, Day R. iPad use at the bedside: A tool for engaging patients in care processes during ward rounds? *Intern Med J* 2014 Oct;44(10):986-990. [doi: [10.1111/imj.12518](https://doi.org/10.1111/imj.12518)] [Medline: [24989476](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24989476/)]

Abbreviations

apps: application software

PC: personal computer

Edited by G Eysenbach; submitted 21.08.14; peer-reviewed by B Breil, S Becker; comments to author 09.09.14; revised version received 17.09.14; accepted 18.09.14; published 21.10.14

Please cite as:

Illiger K, Hupka M, von Jan U, Wichelhaus D, Albrecht UV

Mobile Technologies: Expectancy, Usage, and Acceptance of Clinical Staff and Patients at a University Medical Center

JMIR mHealth uHealth 2014;2(4):e42

URL: <http://mhealth.jmir.org/2014/4/e42/>

doi: [10.2196/mhealth.3799](https://doi.org/10.2196/mhealth.3799)

PMID: [25338094](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25338094/)

©Kristin Illiger, Markus Hupka, Ute von Jan, Daniel Wichelhaus, Urs-Vito Albrecht. Originally published in JMIR Mhealth and Uhealth (<http://mhealth.jmir.org>), 21.10.2014. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in JMIR mhealth and uhealth, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://mhealth.jmir.org/>, as well as this copyright and license information must be included.

Original Paper

Standardized, App-Based Disinfection of iPads in a Clinical and Nonclinical Setting: Comparative Analysis

Urs-Vito Albrecht^{1*}, Dr med, MPH; Ute von Jan^{1*}, Dr rer biol hum; Ludwig Sedlacek^{2*}, Dr med; Stephanie Groos^{3*}, Dr med; Sebastian Suerbaum^{2*}, Dr med; Ralf-Peter Vonberg^{2*}, Dr med

¹PL Reichertz Institute for Medical Informatics, Hannover Medical School, Hannover, Germany

²Institute for Medical Microbiology and Hospital Epidemiology, Hannover Medical School, Hannover, Germany

³Institute of Cell Biology in the Center of Anatomy, Hannover Medical School, Hannover, Germany

*all authors contributed equally

Corresponding Author:

Urs-Vito Albrecht, Dr med, MPH
PL Reichertz Institute for Medical Informatics
Hannover Medical School
Carl-Neuberg-Str 1
Hannover, 30625
Germany
Phone: 49 511 532 ext 3508
Fax: 49 511 532 2517
Email: albrecht.urs-vito@mh-hannover.de

Abstract

Background: With the use of highly mobile tools like tablet PCs in clinical settings, an effective disinfection method is a necessity. Since manufacturers do not allow cleaning methods that make use of anything but a dry fleece, other approaches have to be established to ensure patient safety and to minimize risks posed by microbiological contamination.

Objective: The ability of isopropanol wipes to decontaminate iPads was evaluated prospectively in a observer blinded, comparative analysis of devices used in a clinical and a nonclinical setting.

Methods: 10 new iPads were randomly deployed to members of the nursing staff of 10 clinical wards, to be used in a clinical setting over a period of 4 weeks. A pre-installed interactive disinfection application (deBac-app, PLRI MedAppLab, Germany) was used on a daily basis. Thereafter, the number and species of remaining microorganisms on the surface of the devices (13 locations; front and back) was evaluated using contact agar plates. Following this, the 10 iPads were disinfected and randomly deployed to medical informatics professionals who also used the devices for 4 weeks but were forbidden to use disinfecting agents. The quality of a single, standardized disinfection process was then determined by a final surface disinfection process of all devices in the infection control laboratory. No personal data were logged with the devices. The evaluation was performed observer blinded with respect to the clinical setting they were deployed in and personnel that used the devices.

Results: We discovered a 2.7-fold (Mann-Whitney U test, $z=-3.402$, $P=.000670$) lower bacterial load on the devices used in the clinical environment that underwent a standardized daily disinfection routine with isopropanol wipes following the instructions provided by “deBac-app”. Under controlled conditions, an average reduction of the mainly Gram-positive normal skin microbiological load of 99.4% (Mann-Whitney U test, $z=-3.1798$, $P=.001474$) for the nonclinical group and 98.1% (Mann-Whitney U test, $z=3.1808$, $P=.001469$) for the clinical group was achieved using one complete disinfecting cycle.

Conclusions: Normal use of tablet PCs leads to a remarkable amount of microbial surface contamination. Standardized surface disinfection with isopropanol wipes as guided by the application significantly reduces this microbial load. When performed regularly, the disinfection process helps with maintaining a low germ count during use. This should reduce the risk of subsequent nosocomial pathogen transmission. Unfortunately, applying a disinfection procedure such as the one we propose may lead to losing the manufacturer’s warranty for the devices; this remains an unsolved issue.

(*J Med Internet Res* 2013;15(8):e176) doi:[10.2196/jmir.2643](https://doi.org/10.2196/jmir.2643)

KEYWORDS

tablet PC; hygiene; disinfection; hygiene; nosocomial transmission

Introduction

Infections are called nosocomially acquired if they occur during a hospital stay. They have an enormous clinical and economical impact for health care systems [1]. In addition, multidrug resistant pathogens represent an increasing problem in hospitals these days [2]. Besides the hands of health care workers (HCW), contaminated medical devices and surfaces play an important role in the transmission of bacterial pathogens. This necessitates considerable effort for environmental infection control in order to prevent the spread of all kinds of microorganisms between patients [3].

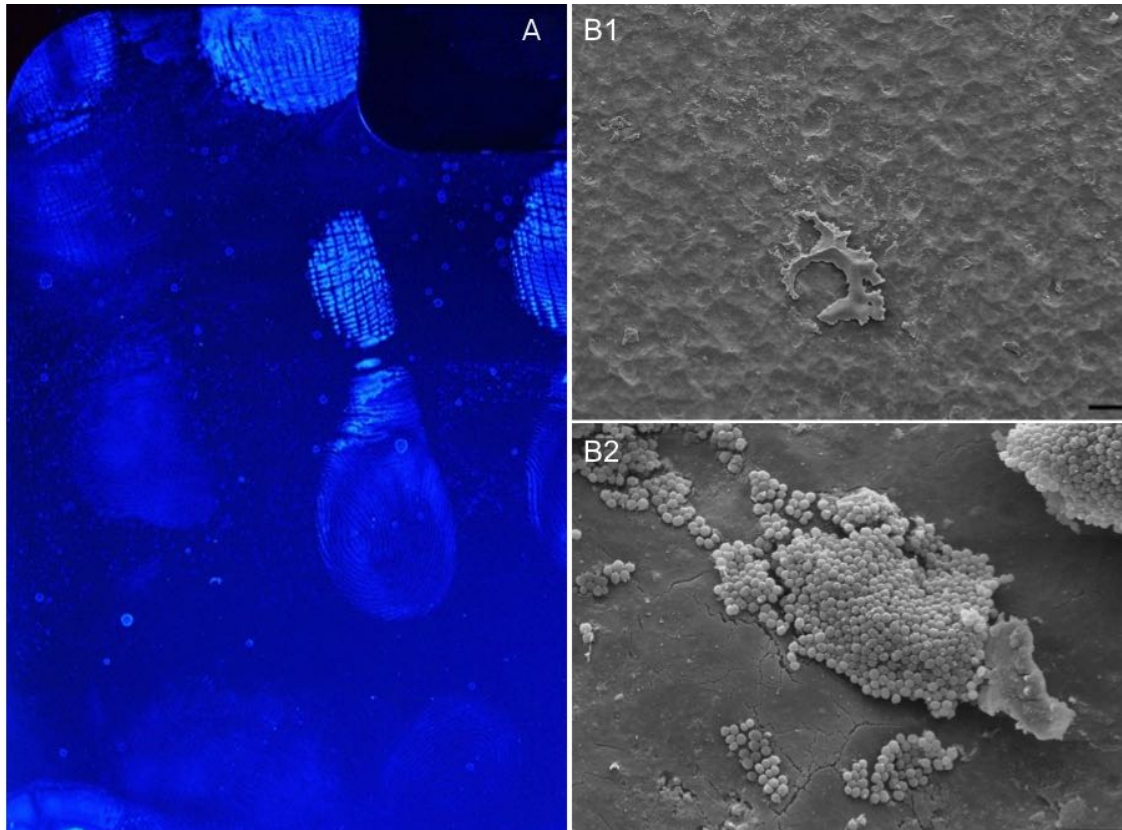
Mobile devices such as mobile phones or personal digital assistants (PDAs) represent a rather novel “surface” in the hospital setting that may also play an important role in the transmission of nosocomial pathogens. Nowadays, such devices are frequently used by physicians and other medical staff for both clinical practice and educational purposes [4,5]. The number and availability of medical applications (apps) on smartphones is constantly rising and includes drug guides, medical calculators, coding and billing apps, textbooks and other reference materials, classification and treatment algorithms, as well as information regarding general medical knowledge [6]. However, contamination of a device’s surface

occurs every time it is being touched by a user [7], and there are several reports showing that these devices may then serve as vectors for transmission of pathogens to patients [8,9]. In a review of data from studies published between 2002 and 2008, Brady et al [10] showed that 9-25% of mobile communication devices were contaminated with pathogenic bacteria. More recent prevalence studies report contamination rates as high as 44-95% [7,11-15]. Like mobile phones, tablet PCs (for example the iPad) are also frequently touched during patient care and bacteria may reside on their surfaces (Figure 1).

Before our study began, tests conducted with microbiological swabs showed that brand new iPad devices are not significantly contaminated with bacteria or fungi. However, the extent of contamination of tablets that have already been used remains yet unknown. Considering that bacteria may survive for days and weeks on inanimate surfaces [16], there is a need to determine the extent of contamination and to implement proper routine decontamination measures.

The present study was set up to determine (1) the microbiological flora (qualitative and quantitative) on tablet PCs as a result of use under the usual conditions that can be found in clinical as well as in nonclinical settings and (2) the quality of a standardized disinfection process as guided by an app specifically programmed for this purpose.

Figure 1. Aluminium backside of a tablet PC with fingerprints and other residue visible under fluorescent light and corresponding scanning electron microscopy pictures of cocci on the device in 2 magnifications (Bars: B1=5 μ m and B2=10 μ m).



Methods

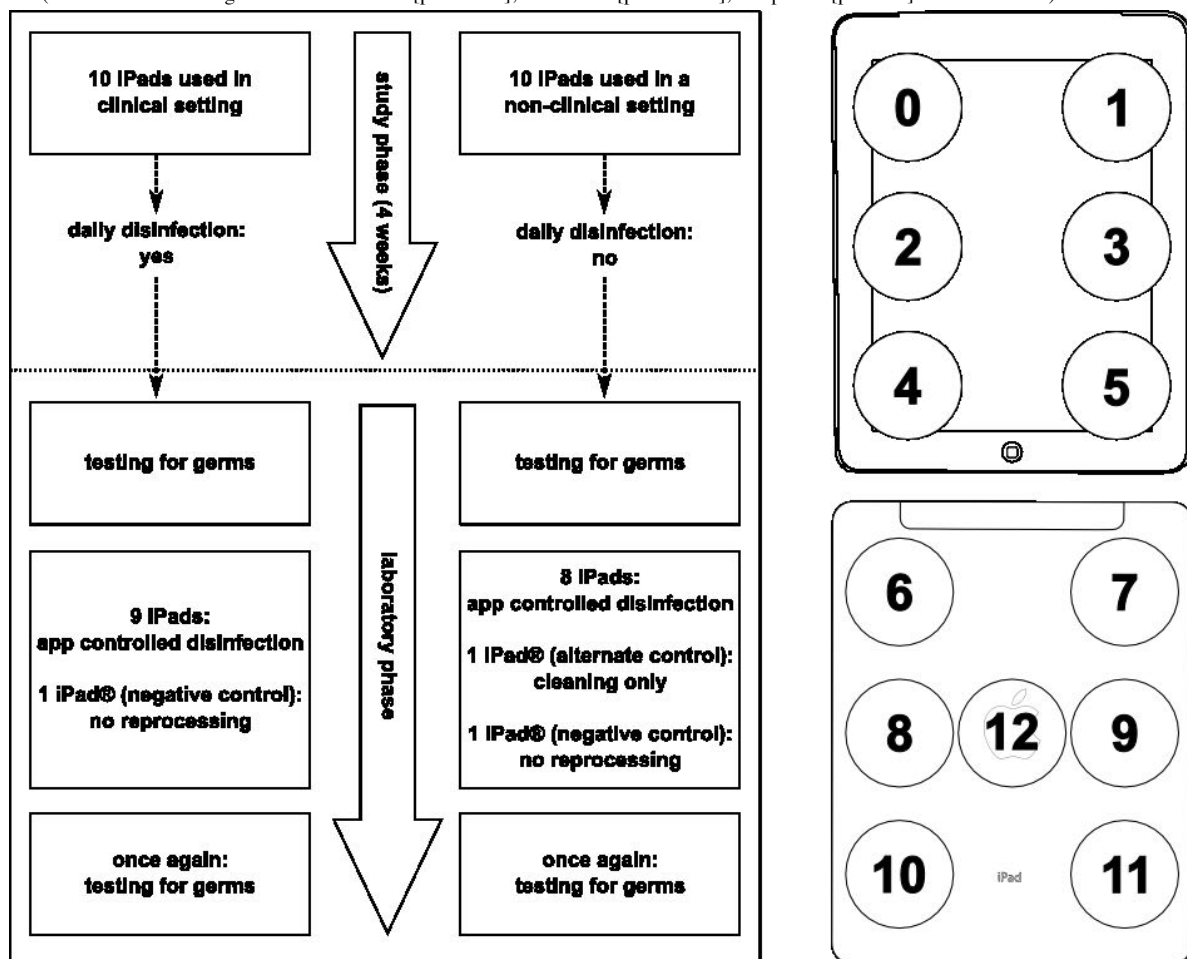
Clinical Setting

A set of 10 Apple iPads was randomly distributed to be used by nursing staff after obtaining informed consent. Various wards of Hannover Medical School, a tertiary care German university hospital, were included. They covered nonsurgical as well as surgical specialties. For the clinical setting, the disinfection study was an add-on to a larger trial dealing with various aspects [17] of using iPads on the wards of the Hannover Medical School. Altogether, approximately 160 staff members on the wards had the opportunity to use the devices. It was not possible to determine how many different individuals had used the iPads. As mentioned in [17], the return rate for questionnaires dealing with the overall project was approximately 26% (42/160); this can be assumed as the minimum of actual individual users. Regarding age and gender, the demographics of the participants who had returned the questionnaire paralleled the values for the nursing staff at the Hannover Medical School, where, at the end of 2012, 83% out of the total 2596 employees of the nursing staff were female (data obtained from the human resources department). For our study, 85% (36/42) were female and the age distribution of 69% (29/42) for those below 45 years of age

and 31% (13/42) for those 45 years of age or older was also comparable. It was not possible to determine how they had used the devices and whether all or only some of them had disinfected the devices aided by deBac-app.

There were no additional accessories such as protective cases, polyurethane foils, rubber or silicone covers, since these may add additional, hard-to-disinfect niches for contaminating pathogens. Instead, we recommended disinfection of the plain surface of every device on a daily basis: once at the beginning of the working shift as well as anytime when an obvious contamination had occurred. Standardization of the disinfection process was achieved by using the “deBac-app” (from the MedAppLab, Hannover, Germany), which was preinstalled on all iPads. This app was designed by our research group and is an interactive cleaning and disinfection guide that is available free from Apple’s App Store [18]. It provides users with simple-to-follow instructions on how to properly disinfect the entire device (Multimedia Appendix 1). Every disinfection process was logged locally on the respective device. No personal data were stored or transmitted to the observers. The study time period of this clinical setting study arm was set to 4 weeks between August 28 and September 19, 2011, in order to achieve a steady state in terms of usage and reprocessing. A flowchart of the study’s timeline is shown in Figure 2.

Figure 2. Flowchart on the timeline of the 2 settings of iPad usage (clinical and nonclinical) and contact points used for microbiological sampling of an iPad (surface material was glass on the front side [points 1-6], aluminium [points 7-12], and plastic [point 13] on the backside).



Nonclinical Setting

10 iPads were also used for a 4-week time period, between September 23 and October 21, 2011, by 10 members of the medical information technology staff (30% or 3/10 female, aged 23–63 years, mean 41.7, SD 10.6) in the nonclinical study arm. The devices were randomly distributed to the staff after obtaining informed consent for participation in the study. As these staff members generally do not have contact to patients, no regular disinfection of the tablet PCs was performed (Figure 2). All 10 participants of the nonclinical part of the study belonged to the P.L. Reichertz Institute for Medical Informatics at the Hannover Medical School and had volunteered to participate. For the nonclinical setting, there were no dropouts during the course of the study and all participants stated that they had frequently used their devices during the 4-week period.

Microbiological Testing

After 4 weeks of usage, all devices were examined for growth of microorganisms on their surfaces as soon as they arrived at the microbiological laboratory. Culture media with a contact area of 25 cm² (CASO contact agar plates, Heipha diagnostica Dr. Müller GmbH) were used. These culture media support growth of most aerobic bacteria, molds, and yeasts. Since it is known that the adherence and survival of microorganisms may vary depending upon the type of surfaces material [15], we decided to perform the microbiological sampling for 13 different contact points of each iPad (Figure 2, right), including locations on the front and the back side of the device. These contact points covered all types of material to be found on the surface of the devices (glass, plastic, and aluminium). The contact plates were incubated at 37°C for 18 hours under aerobic conditions. Colony forming units (CFU) were then counted, and species differentiation was carried out in the microbiology laboratory of our facility according to the national guidelines of the German Institute for Standardization DIN EN ISO 15189 as certified by the German Accreditation Council (DAR). The evaluation was conducted in such a way that the laboratory was unaware of the setting to which the iPads had been deployed.

Electron Microscopy

For photo documentation of bacterial contamination on the tablet PC's surfaces, scanning electron microscopy (SEM) was applied (Figure 1). Specimens were fixed in 0.1M Na-Cacodylate-HCl buffer (pH 7.3) containing 3% glutaraldehyde for at least 4 hours at 4°C. After washing in the buffer of the fixative, the cells were postfixed in 2% OsO₄ buffered in Na-Cacodylate 0.1 M for 90 minutes at room temperature, dehydrated in ascending concentrations of acetone, and subsequently dried in a Balzers CPD 030 critical point dryer (Bal-Tec-AG). After mounting on aluminium stubs with conductive carbon cement (Plano) and sputter coating with gold in a Polaron E 5400 sputter coater, the samples were investigated in a Philips SEM 505 scanning electron microscope at an acceleration voltage of 10kV. Images were recorded using the SEM software version 2.0 [19].

Final Reprocessing

After primary microbiological testing, the devices underwent final reprocessing performed by laboratory staff (Figure 2). For

the clinical setting, with one exception, all devices were disinfected using isopropanol wipes (mikrozid-AF, Schülke & Mayr GmbH) using the 6-step disinfection process guided by deBac-app as it was described above (Multimedia Appendix 1). The remaining 10th iPad did not get reprocessed and, thus, served as a negative control for the disinfection process. For the 10 iPads that had been used in the nonclinical setting, we chose a slightly different approach: 8 of them were disinfected as described, while 1 remained without treatment and 1 was simply cleaned (but not disinfected) by using a new “soft, lint-free cloth”, without any liquid cleaning agents, as recommended in the instructions of the manufacturer of the iPad [20]. A final microbiological testing as described above was performed following the different, aforementioned types of reprocessing performed in the laboratory (Figure 2).

Nasal Swabs

People may be physiologically colonized by *Staphylococcus aureus* in the anterior nose, and some of these strains even show multidrug resistance, so-called methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) [21]. For a comparison of the *Staphylococcus aureus* colonization status of the 10 medical informatics professionals and the surface of their devices, nasal swabs (Transystem, Lot 9275, Hain Lifescience) were taken from the users after informed consent was obtained. Swabs were cultured on Columbia 5% sheep blood agar (Becton, Dickinson) overnight at 37°C. Species identification and susceptibility testing were then performed according to laboratory standard operation protocols.

Statistical Analysis

We expected a very strong effect of the applied method on reduction of the CFU according to the literature [22]. Therefore, a smaller sample size was expected to be sufficient to demonstrate the efficacy of the disinfection. Calculated for a paired nonparametric test [23], a sample size of 6 iPads per group was considered sufficient to show a significant effect of a reduction of 98% with beta=.20. The sample size calculation was performed with nQuery Advisor V.7, Statistical Solutions. Since a normal distribution of bacteria on the devices and sampled locations could not be confirmed by descriptive statistics, the Wilcoxon signed-rank test and the Mann-Whitney U test were applied (IBM SPSS Statistics Version 20). All tests were performed two-sided, with alpha=.05. Microsoft Excel 2007 was used for qualitative descriptive and quantitative data analysis. Intraclass correlation could not be confirmed following Shrout and Fleiss' two-way random single measures (consistency) approach computed with SPSS [24].

Results

Qualitative and Quantitative Analysis of Microbiological Flora

A total of 6811 colonies representing microbial growth were detected during the initial testing of the iPads after use: 1842 CFU on tablet PCs from the hospital wards where the devices had been disinfected regularly, compared to 4,969 CFU recovered from tablet PCs from the nonclinical setting where daily disinfections had not been carried out (Mann-Whitney U

test, $z=-3.402$, $P=.000670$). The distribution of pathogens on the various parts of the tablet PCs is shown in Table 1. Note that most pathogens found in both study arms (clinical and nonclinical) were gram-positive bacteria. A more detailed analysis of the species is shown in Table 2. The majority of microorganisms were members of the physiological microbiota of the human skin. The distribution did not differ significantly between both study arms. The main bacterial genera grown from iPads from the clinical setting were staphylococci (n=1104; 59.9%) and micrococci (n=469; 25.7%). The same types of bacteria were mainly found on iPads from the nonclinical setting (staphylococci: n=3678; 74.2% and micrococci: n=1051; 21.2%). However, the cultured microorganisms also included several pathogens. The most frequently identified pathogen was *Staphylococcus aureus* (non-MRSA only), which was found in nasal swabs from 2 medical informatics professionals as well as on their tablet PCs, but this species was also detected on tablet PCs from 2 other staff members who were not colonized themselves (Wilcoxon signed-rank test, $z=-1.414$, $P=.157$).

Determination of the Quality of the Guided Standardized Disinfection Process

The percentage of reduction of pathogens on iPads that underwent the standardized disinfection protocol is shown in Table 3 and Figures 3 and 4. A significant overall reduction on microbes was achieved for both the clinical setting (98.1%; Wilcoxon signed-rank test, $z=-3.1808$, $P=.001469$) and the nonclinical setting (99.4%; Mann-Whitney U test, $z=-3.1798$; $P=.001474$). Note that bacilli are capable of forming spores. If

doing so, those spores then show an extraordinarily high resistance towards disinfection processes (as they cannot at all be inactivated by alcohol-based disinfection) and other extreme environmental effects [25]. Still, a reduction of *Bacillus* spp. of 88% was achieved in our study in both settings. The reduction rates of all other bacterial and fungal species were as high as 99%.

Re-Sampling of the Two Untreated (Control) iPads

As mentioned above and shown in Figure 2, two tablet PCs were sampled once again without any additional reprocessing step in order to check for a potential germ-reducing effect due to the first sampling process itself. Re-sampling revealed reduction rates of 11.4% (228 of 246 CFU) on the nondisinfected iPad from the clinical setting and 22.4% (595 of 767 CFU) on the nondisinfected iPad from nonclinical setting only.

Determination of the Quality of Cleaning With a Soft, Lint-Free Cloth Without Liquid Cleaning Agents

As already noted (see Figure 2), one tablet PC from the nonclinical study was cleaned only with a brand-new fleece according to the instructions of the manufacturer. The initial CFU count of this device at arrival in the laboratory was 891 CFU; 427 CFU remained after cleaning with a fleece (reduction rate: 51.1%). Removal of bacteria was rather higher for the glass surface of the front (231 of 234 CFU; 98.7% reduction), but almost no reduction (5 of 77 CFU; reduction rate: 6.5%) was achieved on the plastic part of the device. Cleaning the aluminium resulted in a CFU reduction from 580 to 352 corresponding to 38.3%.

Table 1. Recovery of pathogens found on the devices' surfaces on initial arrival at the laboratory (shown as cumulative number of CFU from 10 tablet PCs each). Comparison of the total number of microorganisms: Mann-Whitney U test, $z=-3.402$; $P=.000670$.

	Clinical setting			Nonclinical setting		
	Total CFU	Median CFU	IQR	Total CFU	Median CFU	IQR
Total	1842	162	125.75	4969	440	273.75
Gram positive bacteria	1825	160.5	122.75	4916	437.5	283
Front (glass)	772	58.5	62.25	1,672	167	104.25
Back (plastic)	214	22.5	27	481	46	35.5
Back (aluminium)	839	63	68	2763	300.5	183.25
Gram negative bacteria	9	1	0.75	52	2	4.5
Front (glass)	6	1	1	17	0.5	3.75
Back (plastic)	0	0	0	5	0	1
Back (aluminium)	3	0	0.75	30	0	1
Other	8	0	1.5	1	0	0
Front (glass)	6	0	1.5	1	0	0
Back (plastic)	1	0	0	0	0	0
Back (aluminium)	1	0	0	0	0	0

Table 2. Distribution of species of microorganisms from the surface of the iPads on initial arrival of the devices at the laboratory (shown as cumulative number of colony forming units from 20 tablet PCs; n=6811).

	CFU	%	Gram stain
Physiological human skin flora			
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1783	26.2	positive
<i>Micrococcus luteus</i>	1509	22.2	positive
<i>Staphylococcus hominis</i>	1256	18.4	positive
<i>Staphylococcus capitis</i>	977	14.3	positive
<i>Staphylococcus warneri</i>	194	2.9	positive
Other coagulase-negative staphylococci	363	5.3	positive
<i>Bacillus</i> spp.	309	4.5	positive
<i>Corynebacterium</i> spp.	117	1.7	positive
Other species	20	0.3	positive
Pathogenic microorganisms			
<i>Staphylococcus aureus</i> (non-MRSA ^a)	218	3.2	positive
<i>Pseudomonas</i> spp.	36	0.5	negative
<i>Aspergillus</i> spp. / molds	9	0.1	N/A
<i>Acinetobacter</i> spp.	8	0.1	negative
Other species	12	0.2	negative

^aMRSA: methicillin resistant *Staphylococcus aureus*.

Figure 3. Histogram of CFU-count per localization samples taken from 6 corresponding devices in a clinical and nonclinical setting, stratified for position number, side, and material.

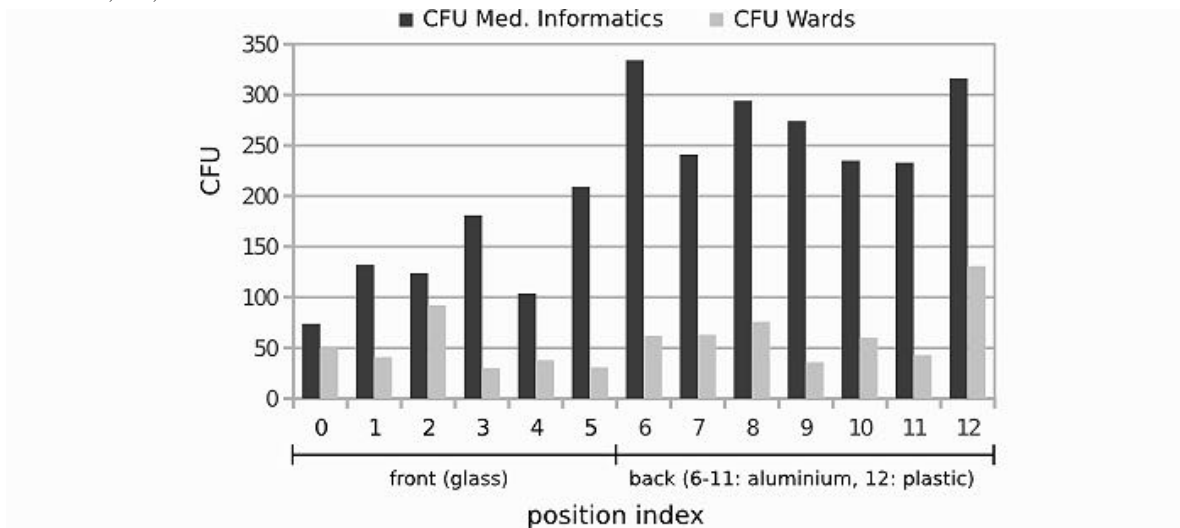


Figure 4. Reduction of CFU in percent per position, side, and material after disinfection.

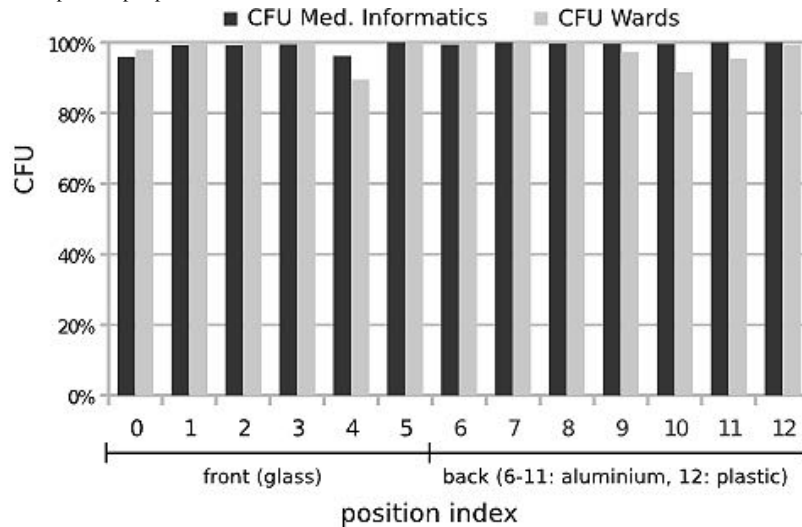


Table 3. Reduction of bacteria on the surface of 6 iPads after standard disinfection procedure stratified by the type of previous usage (clinical vs nonclinical), the sample location (front vs back), the type of material (glass vs aluminium vs plastic), and type of Gram stain (positive vs negative).

	On laboratory arrival			After standardized disinfection			
	Total CFU	Median CFU	IQR	Total CFU	Median CFU	IQR	CFU reduction, %
Total (clinical setting)	753	121	65.75	14	2	1.5	98.1
Gram positive bacteria	749	121	65	14	2	1.5	97.2
Front (glass)	280	39.5	42.75	5	1	0.75	96.9
Back (plastic)	131	18	32.75	1	0	0	98.5
Back (aluminium)	338	51	37.25	8	0.5	1.75	96.5
Gram negative bacteria	4	0.5	1	0	0	0	100.0
Front (glass)	2	0	0.75	0	0	0	100.0
Back (plastic)	0	0	0	0	0	0	100.0
Back (aluminium)	2	0	0.75	0	0	0	100.0
Total (nonclinical setting)	2751	440	81	15	1	4.25	99.4
Gram positive bacteria	2739	437.5	78.25	15	1	5.25	99.5
Front (glass)	816	148.5	107.5	10	1	2.75	97.9
Back (plastic)	315	56.5	32	0	0	0	100.0
Back (aluminium)	1608	300.5	90	5	0	0	99.7
Gram negative bacteria	12	1.5	3.25	0	0	0	100.0
Front (glass)	8	0.5	2.5	0	0	0	100.0
Back (plastic)	1	0	0	0	0	0	100.0
Back (aluminium)	3	0	0.75	0	0	0	100.0

Discussion

Principal Findings

Without any doubt, mobile devices provide numerous advantages in a hospital setting, but despite these benefits, the potential risk of pathogen transmission must be taken into

account [10]. There are several conclusions that can be drawn from the set-up and from the findings of our study.

As has been shown for other mobile devices [8,9], an extensive surface contamination also takes place when iPads are being used. Every fingerprint on the surface (Figure 1) will leave residue on the glass, aluminum, and plastic parts of the device (Figure 1) and may contain a large number of bacteria. An

increased awareness of this fact is required when those devices are used during patient care. Brady et al [26] questioned 90 HCW (surgeons, anesthesiologists, and medical students) regarding this issue. At least 53% of them carried one mobile device (16% carried even more than one) including PDAs, mobile phones, and pagers. When asked about their cleaning habits, the HCW admitted that 80% of the PDAs, 85% of the mobile phones, and 96% of the pagers had never been cleaned by the owner.

Most of the pathogens are members of the resident or transient flora of its user (skin and/or anterior nose). Whatever microorganisms are present on the hands will be found on the mobile phone [27,28] or the tablet PC later on. This stresses the need for proper hand hygiene of HCW as it has been addressed by the World Health Organization in the international “clean hands campaigns” recently [29]. Patients, too, should be educated about the role of their own mobile devices brought to the hospital because these devices will also become contaminated [30]. Especially patients who harbor multidrug resistant bacteria should be discouraged to share their mobile phone with others.

As shown by the repeated sampling by contact plates described above, microorganisms may easily spread from the surface of the tablet PC when touched again. A transmission of pathogens that have caused nosocomial outbreaks has been shown for mobile phones [8,12]. One would assume that a much larger device such as a tablet PC is even more likely to serve as a vehicle of infectious agents. HCW should therefore be encouraged to perform alcohol-based hand rubs after using their mobile device [31].

Cleaning with a fleece as recommended by the manufacturer of the tablet PC showed a reduction of about 50% of microorganisms. However, a sufficient reduction of the microbiological load will be achieved only when proper disinfection is performed. A cleaning phase for visible contamination and a disinfection phase as a final decontamination step are considered most effective according to infection control as recommended in the guideline for environmental cleaning in health care facilities from the Centers for Disease Control and Prevention and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee [3].

As has been shown for the disinfection of mobile phones [32], a disinfection procedure for iPads that makes use of isopropanol wipes is very effective in reducing and inactivating residual bacteria. However, one has to keep in mind that this procedure may cause a loss of the warranty for this product. It is noteworthy that Apple’s recommendations for the cleaning process of the iPad, available on the company’s website, have significantly changed in the past. The version from December 15, 2010, stated that “it is also safe to use isopropyl alcohol 70% or a similar product” for this purpose. However, in the meantime, this statement has been withdrawn. Instead, it is now specified that “liquid damage is not covered under the Apple product warranty or AppleCare Protection Plans” and specifically to “Avoid getting moisture in openings. Don’t use window cleaners, household cleaners, aerosol sprays, solvents, alcohol, ammonia, or abrasives to clean the iPad” [20].

Regular disinfection serves to maintain a significantly lower load of pathogens. Our study results imply that disinfection followed by the deBac-app has the ability to reduce microbiological flora in a quality manner. We would like to recommend using a standardized scheme for the disinfection process as described and controlled by the deBac application. Reprocessing of tablet PCs should be performed at least once a day, preferably at the beginning of the working shift. Additional courses of disinfection should also be carried out any time that visible contamination has occurred. Furthermore, we recommend disinfecting the device after using it in a patient room under isolation precautions (eg, if the patient harbors some type of multidrug resistant organism). The guided disinfection procedure ensures that all parts of the surface get thoroughly treated. Furthermore, all steps of reprocessing are documented and may be filed in infection control records.

Limitations

Regarding the study design, we were willing to accept the following limitations: in accordance with our in-house regulations, machinery used in a clinical environment has to be disinfected. Therefore, it was impossible to learn about the baseline colonization by installing a control group on the wards and allowing this control group to use the devices without any disinfection. A randomized controlled trial or a controlled design with carefully matched comparison groups using standard practices as compared to the deBac condition would allow verification of the assumption that, when using mobile devices such as iPads in a clinical environment, performing an app-based disinfection process is more effective in reducing microbiological flora than simply using regular hand hygiene. This will have to be addressed in forthcoming studies.

The nursing staff was not provided with additional, paper-bound cleaning instructions since we wanted users to refer to the information available on the devices. We also refrained from collecting any personal data from the devices since our in-house data protection policy had to be followed. Only the information available from the anonymous cleaning protocols acquired from within the app was used for the evaluation and process documentation. The entries found in the log files demonstrated daily usage, but it is unknown to the observers how often and in which way the machines were used when the deBac-app was not running. This, of course, may bias the amount of CFU that were found on the surfaces.

As for the sensitivity and specificity of the various microbiological tests conducted, all laboratory methods that were used during the course of the study, including all microbiological tests for identification of pathogens, have been certified according to national guidelines. However, the sensitivity and specificity of taking the samples remains unclear as there is no so-called “gold standard” to compare with. It is known from optimized protocols that recovery may come up with a sensitivity of 98% and a specificity for a particular pathogen of interest of 95% [33]. However, standard environmental sampling still remains an unsolved problem these days [34,35]. Unfortunately, it is impossible to compare the *Staphylococcus aureus* strains cultured from the nasal swabs of the users with those found on the devices themselves since

the isolates had been discarded in the meantime. However, to us, it seems highly probable that we found corresponding strains here, as *Staphylococcus aureus* does not represent a typical “environmental” bacterium. Furthermore, it is well known that people tend to frequently touch their noses.

Conclusions

Cleaning the devices with disinfecting wipes can be considered efficient and effective. Nevertheless, one must be aware of the potential danger of damaging the devices: there will definitely be a breach in warranty if liquid seeps into the device in any way and causes damage. On the other hand, although tablet PCs were originally developed for the consumer market, once they are used in the medical field, standardized methods for their disinfection must be implemented and closely followed. Also, manufacturers should become aware of the needs of the medical

community regarding such devices. Thus, they might avoid building devices that—while being alluring for the medical sector—do not respect the demands for hygiene required for medicinal products. However, the most efficient personal action one can take to avoid transmission of bacteria, viruses, and other pathogens remains the proper disinfection of the hands before and after every patient interaction—this is a fact independent of the kind of device or any operating system or stated purpose.

Future studies should also take the specific profession of the staff as well as their level in the hierarchy into account. Their attitude towards using the deBac-app-based procedure compared to regular hand hygiene using alcohol-based disinfection solutions should also be evaluated. Also, the expenditure of time for implementing the procedure and other cost implicating variables will need to be addressed as the gathered results would be important factors for decision makers.

Acknowledgments

The authors would like to thank Gisela Rademacher and the technical staff of the Institute for Medical Microbiology and Hospital Epidemiology at Hannover Medical School as well as Prof Dr Herbert Matthies (PLRI) for their effort, expertise, and contribution while conducting this study. We would also like to thank Dr. Marianne Behrends (PLRI) as well as Regina Schmeer, MSc (Nursing Department) for giving us the chance to evaluate the iPads that were deployed as mentioned in [17] with respect to hygiene. The study was financed solely based on institutional funds of the Hannover Medical School. We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft for the publication costs. The paper was screened against the Transparent Reporting of Evaluations with Nonrandomized Designs (TREND) checklist [36] to assess methodological weaknesses.

Conflicts of Interest

None declared.

Multimedia Appendix 1

Standardized disinfection process of an iPad as guided by the corresponding application (“deBac-app”), the app documents the cleaning attempts of the device’s frame, front and back side.

[PDF File (Adobe PDF File), 132KB - [jmir_v15i8e176_app1.pdf](#)]

References

1. Rosenthal VD, Bijie H, Maki DG, Mehta Y, Apisarnthanarak A, Medeiros EA, INICC members. International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) report, data summary of 36 countries, for 2004-2009. *Am J Infect Control* 2012 Jun;40(5):396-407. [doi: [10.1016/j.ajic.2011.05.020](#)] [Medline: [21908073](#)]
2. Gagliotti C, Balode A, Baquero F, Degener J, Grundmann H, Gür D, EARS-Net Participants (Disease Specific Contact Points for AMR). *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*: bad news and good news from the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net, formerly EARSS), 2002 to 2009. *Euro Surveill* 2011;16(11):pii/19834 [FREE Full text] [Medline: [21435327](#)]
3. Schulster L, Chinn RY, CDC, HICPAC. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep* 2003 Jun 6;52(RR-10):1-42 [FREE Full text] [Medline: [12836624](#)]
4. Dasari KB, White SM, Pateman J. Survey of iPhone usage among anaesthetists in England. *Anaesthesia* 2011 Jul;66(7):630-631. [doi: [10.1111/j.1365-2044.2011.06747.x](#)] [Medline: [21682718](#)]
5. Payne KB, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey. *BMC Med Inform Decis Mak* 2012;12:121 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1472-6947-12-121](#)] [Medline: [23110712](#)]
6. Franko OI, Tirrell TF. Smartphone app use among medical providers in ACGME training programs. *J Med Syst* 2012 Oct;36(5):3135-3139. [doi: [10.1007/s10916-011-9798-7](#)] [Medline: [22052129](#)]
7. Gould D. Commentary: Ulger F et al. (2009). Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? *Nurs Crit Care* 2009;14(4):213-214. [doi: [10.1111/j.1478-5153.2009.00345.x](#)] [Medline: [19531040](#)]

8. Borer A, Gilad J, Smolyakov R, Eskira S, Peled N, Porat N, et al. Cell phones and Acinetobacter transmission. *Emerg Infect Dis* 2005 Jul;11(7):1160-1161 [FREE Full text] [doi: [10.3201/eid1107.050221](https://doi.org/10.3201/eid1107.050221)] [Medline: [16032803](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16032803/)]
9. Goldblatt JG, Krief I, Klonsky T, Haller D, Milloul V, Sixsmith DM, et al. Use of cellular telephones and transmission of pathogens by medical staff in New York and Israel. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007 Apr;28(4):500-503. [doi: [10.1086/513446](https://doi.org/10.1086/513446)] [Medline: [17385162](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17385162/)]
10. Brady RR, Verran J, Damani NN, Gibb AP. Review of mobile communication devices as potential reservoirs of nosocomial pathogens. *J Hosp Infect* 2009 Apr;71(4):295-300. [doi: [10.1016/j.jhin.2008.12.009](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2008.12.009)] [Medline: [19168261](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19168261/)]
11. Ramesh J, Carter AO, Campbell MH, Gibbons N, Powlett C, Moseley H, et al. Use of mobile phones by medical staff at Queen Elizabeth Hospital, Barbados: evidence for both benefit and harm. *J Hosp Infect* 2008 Oct;70(2):160-165. [doi: [10.1016/j.jhin.2008.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2008.06.007)] [Medline: [18701190](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18701190/)]
12. Akinyemi KO, Atapu AD, Adetona OO, Coker AO. The potential role of mobile phones in the spread of bacterial infections. *J Infect Dev Ctries* 2009;3(8):628-632 [FREE Full text] [Medline: [19801807](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19801807/)]
13. Datta P, Rani H, Chander J, Gupta V. Bacterial contamination of mobile phones of health care workers. *Indian J Med Microbiol* 2009;27(3):279-281 [FREE Full text] [doi: [10.4103/0255-0857.53222](https://doi.org/10.4103/0255-0857.53222)] [Medline: [19584520](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19584520/)]
14. Ulger F, Esen S, Dilek A, Yanik K, Gunaydin M, Leblebicioglu H. Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? *Ann Clin Microbiol Antimicrob* 2009;8:7 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1476-0711-8-7](https://doi.org/10.1186/1476-0711-8-7)] [Medline: [19267892](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19267892/)]
15. Sadat-Ali M, Al-Omran AK, Azam Q, Bukari H, Al-Zahrani AJ, Al-Turki RA, et al. Bacterial flora on cell phones of health care providers in a teaching institution. *Am J Infect Control* 2010 Jun;38(5):404-405. [doi: [10.1016/j.ajic.2009.08.007](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2009.08.007)] [Medline: [20363049](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20363049/)]
16. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis* 2006;6:130 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1471-2334-6-130](https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130)] [Medline: [16914034](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16914034/)]
17. Albrecht U, Behrends M, Schmeer R, Matthies HK, von Jan U. Usage of Multilingual Mobile Translation Applications in Clinical Settings. *JMIR Mhealth and Uhealth* 2013 Apr 23;1(1):e4. [doi: [10.2196/mhealth.2268](https://doi.org/10.2196/mhealth.2268)]
18. PLRI MedAppLab. deBac-app. 2013. URL: <https://itunes.apple.com/us/app/debac-app/id453976138?mt=8&ign-mpt=uo%3D2> [accessed 2013-02-08] [WebCite Cache ID 6EHfghOKx]
19. Gebert A, Preiss G. A simple method for the acquisition of high-quality digital images from analog scanning electron microscopes. *J Microsc* 1998 Sep;191(3):297-302. [Medline: [9767494](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9767494/)]
20. Apple Inc. How to clean Apple products. 2013. URL: <http://support.apple.com/kb/ht3226> [accessed 2013-02-08] [WebCite Cache ID 6EHeciNaO]
21. Stenehjem E, Rimland D. MRSA nasal colonization burden and risk of MRSA infection. *Am J Infect Control* 2013 May;41(5):405-410. [doi: [10.1016/j.ajic.2012.07.017](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.07.017)] [Medline: [23261345](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23261345/)]
22. Panousi MN, Williams GJ, Girdlestone S, Hiom SJ, Maillard JY. Evaluation of alcohol wipes used during aseptic manufacturing. *Lett Appl Microbiol* 2009 May;48(5):648-651. [doi: [10.1111/j.1472-765X.2009.02574.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02574.x)] [Medline: [19228287](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19228287/)]
23. Noether GE. Sample Size Determination for Some Common Nonparametric Tests. *Journal of the American Statistical Association* 1987 Jun;82(398):645 [FREE Full text] [WebCite Cache]
24. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979 Mar;86(2):420-428. [doi: [10.1037/0033-2909.86.2.420](https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420)] [Medline: [18839484](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18839484/)]
25. Leggett MJ, McDonnell G, Denyer SP, Setlow P, Maillard JY. Bacterial spore structures and their protective role in biocide resistance. *J Appl Microbiol* 2012 Sep;113(3):485-498. [doi: [10.1111/j.1365-2672.2012.05336.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05336.x)] [Medline: [22574673](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22574673/)]
26. Brady RR, Fraser SF, Dunlop MG, Paterson-Brown S, Gibb AP. Bacterial contamination of mobile communication devices in the operative environment. *J Hosp Infect* 2007 Aug;66(4):397-398. [doi: [10.1016/j.jhin.2007.04.015](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2007.04.015)] [Medline: [17573157](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17573157/)]
27. Brady RR, Wasson A, Stirling I, McAllister C, Damani NN. Is your phone bugged? The incidence of bacteria known to cause nosocomial infection on healthcare workers' mobile phones. *J Hosp Infect* 2006 Jan;62(1):123-125. [doi: [10.1016/j.jhin.2005.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2005.05.005)] [Medline: [16099536](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16099536/)]
28. Jeske HC, Tiefenthaler W, Hohlrieder M, Hinterberger G, Benzer A. Bacterial contamination of anaesthetists' hands by personal mobile phone and fixed phone use in the operating theatre. *Anaesthesia* 2007 Sep;62(9):904-906. [doi: [10.1111/j.1365-2044.2007.05172.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2007.05172.x)] [Medline: [17697216](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17697216/)]
29. Kilpatrick C, Pittet D. WHO SAVE LIVES: Clean Your Hands global annual campaign. A call for action: 5 May 2011. *Infection* 2011 Apr;39(2):93-95. [doi: [10.1007/s15010-011-0106-8](https://doi.org/10.1007/s15010-011-0106-8)] [Medline: [21484356](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21484356/)]
30. Brady RR, Hunt AC, Visvanathan A, Rodrigues MA, Graham C, Rae C, et al. Mobile phone technology and hospitalized patients: a cross-sectional surveillance study of bacterial colonization, and patient opinions and behaviours. *Clin Microbiol Infect* 2011 Jun;17(6):830-835. [doi: [10.1111/j.1469-0691.2011.03493.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03493.x)] [Medline: [21615607](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21615607/)]
31. Morioka I, Tabuchi Y, Takahashi Y, Oda Y, Nakai M, Yanase A, et al. [Bacterial contamination of mobile phones shared in hospital wards and the consciousness and behavior of nurses about biological cleanliness]. *Nihon Eiseigaku Zasshi* 2011 Jan;66(1):115-121 [FREE Full text] [Medline: [21358142](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21358142/)]

32. Sumritivanicha A, Chintanavilas K, Apisarnthanarak A. Prevalence and type of microorganisms isolated from house staff's mobile phones before and after alcohol cleaning. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2011 Jun;32(6):633-634. [doi: [10.1086/660204](https://doi.org/10.1086/660204)] [Medline: [21558783](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21558783/)]
33. Hodges LR, Rose LJ, O'Connell H, Arduino MJ. National validation study of a swab protocol for the recovery of *Bacillus anthracis* spores from surfaces. *J Microbiol Methods* 2010 May;81(2):141-146. [doi: [10.1016/j.jmimet.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.jmimet.2010.02.010)] [Medline: [20193714](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20193714/)]
34. Moore G, Griffith C. Problems associated with traditional hygiene swabbing: the need for in-house standardization. *J Appl Microbiol* 2007 Oct;103(4):1090-1103. [doi: [10.1111/j.1365-2672.2007.03330.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03330.x)] [Medline: [17897214](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17897214/)]
35. Galvin S, Dolan A, Cahill O, Daniels S, Humphreys H. Microbial monitoring of the hospital environment: why and how? *J Hosp Infect* 2012 Nov;82(3):143-151. [doi: [10.1016/j.jhin.2012.06.015](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.06.015)] [Medline: [23022372](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23022372/)]
36. Des Jarlais DC, Lyles C, Crepaz N, TREND Group. Improving the reporting quality of nonrandomized evaluations of behavioral and public health interventions: the TREND statement. *Am J Public Health* 2004 Mar;94(3):361-366. [Medline: [14998794](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14998794/)]

Abbreviations

CFU: colony forming units
HCW: health care workers
IQR: interquartile range
MRSA: methicillin resistant *Staphylococcus aureus*
PDA: personal digital assistant
PLRI: Peter L Reichertz Institute for Medical Informatics

Edited by G Eysenbach; submitted 31.03.13; peer-reviewed by A Friedrich, B Baskerville; comments to author 25.04.13; revised version received 26.05.13; accepted 13.06.13; published 14.08.13

Please cite as:

Albrecht UV, von Jan U, Sedlacek L, Groos S, Suerbaum S, Vonberg RP
Standardized, App-Based Disinfection of iPads in a Clinical and Nonclinical Setting: Comparative Analysis
J Med Internet Res 2013;15(8):e176
URL: <http://www.jmir.org/2013/8/e176/>
doi: [10.2196/jmir.2643](https://doi.org/10.2196/jmir.2643)
PMID: [23945468](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23945468/)

©Urs-Vito Albrecht, Ute von Jan, Ludwig Sedlacek, Stephanie Groos, Sebastian Suerbaum, Ralf-Peter Vonberg. Originally published in the *Journal of Medical Internet Research* (<http://www.jmir.org>), 14.08.2013. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in the *Journal of Medical Internet Research*, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://www.jmir.org/>, as well as this copyright and license information must be included.

Original Paper

Usage of Multilingual Mobile Translation Applications in Clinical Settings

Urs-Vito Albrecht^{1*}, Dr. med., MPH; Marianne Behrends^{1*}, Dr. rer. biol. hum.; Regina Schmeer^{2*}, MSc (Nursing); Herbert K Matthies^{1*}, Dr. rer. nat.; Ute von Jan^{1*}, Dr. rer. biol. hum.

¹P.L. Reichertz Institute for Medical Informatics, Hannover Medical School, Hannover, Germany

²Nursing Department, Hannover Medical School, Hannover, Germany

*all authors contributed equally

Corresponding Author:

Urs-Vito Albrecht, Dr. med., MPH

P.L. Reichertz Institute for Medical Informatics

Hannover Medical School

Carl-Neuberg-Str.1

Hannover, 30625

Germany

Phone: 49 511532 ext 3508

Fax: 49 5115322517

Email: albrecht.urs-vito@mh-hannover.de

Related Article:

This is a corrected version. See correction statement: <http://mhealth.jmir.org/2013/2/e19/>

Abstract

Background: Communication between patients and medical staff can be challenging if both parties have different cultural and linguistic backgrounds. Specialized applications can potentially alleviate these problems and significantly contribute to an effective, improved care process when foreign language patients are involved.

Objective: The objective for this paper was to discuss the experiences gained from a study carried out at the Hannover Medical School regarding the use of a mobile translation application in hospital wards. The conditions for successfully integrating these technologies in the care process are discussed.

Methods: iPads with a preinstalled copy of an exemplary multilingual assistance tool (“xprompt”) designed for use in medical care were deployed on 10 wards. Over a period of 6 weeks, approximately 160 employees of the care staff had the opportunity to gather experiences with the devices while putting them to use during their work. Afterwards, the participants were asked to fill out an anonymous, paper-based questionnaire (17 questions) covering the usability of the iPads, translation apps in general, and the exemplary chosen application specifically. For questions requiring a rating, Likert scales were employed. The retained data were entered into an electronic survey system and exported to Microsoft Excel 2007 for further descriptive analysis.

Results: Of 160 possible participants, 42 returned the questionnaire and 39 completed the questions concerning the chosen app. The demographic data acquired via the questionnaire (ie, age, professional experience, gender) corresponded to the values for the entire care staff at the Hannover Medical School. Most respondents (35/39, 90%) had no previous experience with an iPad. On a 7-point scale, the participants generally rated mobile translation tools as helpful for communicating with foreign language patients (36/39, 92%; median=5, IQR=2). They were less enthusiastic about xprompt’s practical use (36/39, median=4, IQR=2.5), although the app was perceived as easy-to-use (36/39, median=6, IQR=3) and there were no obvious problems with the usability of the device (36/39, median=6, IQR=2).

Conclusions: The discrepancy between the expert ratings for xprompt (collected from the App Store and online) and the opinions of the study’s participants can probably be explained by the differing approaches of the two user groups. The experts had clear expectations, whereas, without a more thorough introduction, our study participants perceived using the app as too time consuming in relation to the expected benefit. The introduction of such tools in today’s busy care settings should therefore be more carefully

planned to heighten acceptance of new tools. Still, the low return rate of the questionnaires only allows for speculations on the data, and further research is necessary.

Trial Registration: This study was approved by the local institutional review board (IRB), Trial ID number: 1145-2011.

(*JMIR Mhealth Uhealth* 2013;1(1):e4) doi:[10.2196/mhealth.2268](https://doi.org/10.2196/mhealth.2268)

KEYWORDS

medical informatics applications; nursing care; cultural deprivation

Introduction

Patients with a different cultural background and language than their health nursing staff are more likely to be disadvantaged in their access to the health system [1]. These patients often have unfavorable health outcomes compared to those who can competently converse with their health care providers in the same language [2-5]. It can be speculated that the presence of a language barrier can result in increasing dissatisfaction from both the patients as well as medical staff, and may therefore negatively influence the quality of care. Several studies have shown evidence for these patients to have an increased risk of suffering from adverse events [5-8]. Also, problems caused by language barriers may unnecessarily increase costs, due to higher consumption of health care resources caused by misunderstandings [9,10] resulting in more frequent visits.

The various problems posed by not being able to overcome language barriers are often also encountered at the Hannover Medical School, which is a maximum care facility and, especially for certain specialties, often attracts patients from abroad. Although translators are usually called upon for communicating about important aspects of the treatment, particularly for uncommon languages not spoken by any staff members, they are not always readily available for everyday communication, which may unnecessarily complicate a patient's care. Thus, one would expect that the staff would welcome any tool that can aid them when communicating with foreign language patients.

In this context, a mobile electronic translation tool that is ubiquitously available, hassle-free, and provides quick translations for users seems attractive at first glance. Several mobile device applications are already available for mobile devices (eg, MediBabble Translator [11] by NiteFloat, Inc, or Universal Doctor Speaker [12] by Universal Projects and Tools SL).

Nevertheless, little is known about the acceptance by the nursing staff or usability and efficiency of mobile translation tools in clinical settings and whether it is possible to properly integrate such applications into existing workflows. In order to be able to make future deployment of mobile devices and their preinstalled applications a success, it is important to identify the steps that need to be taken during the introductory phase in order to be able to address the needs, expectations, and fears of potential users (eg, benefits that users can expect, or limitations that might be encountered). We conducted a preliminary study at the Hannover Medical School to gain insight on the actual value of such apps in a real world setting based on staff feedback after using iPads equipped with an exemplary translation app.

Methods

Overview

For our study, 10 clinical wards selected by the nursing management were provided with iPads (one per ward) containing a copy of the “xprompt—multilingual assistance” application, as well as other reference material and applications. Since our study regarding the use of xprompt (descriptive, cross-sectional, post test only design) was part of a larger study dealing with the use of mobile devices such as iPads in nursing, the selected wards covered a wide range of surgical as well as non-surgical specialties, such as neurology and neurosurgery, urology, nephrology, plastic surgery, otolaryngology, pneumology, trauma surgery, thoracic surgery, and maxillofacial surgery. Both normal as well as private wards were included. After obtaining the informed consent from the staff, the iPads were distributed to the wards and the potential users were encouraged to install additional applications from the App Store or to research content on the Web.

Altogether, over a period of 6 weeks, about 160 staff members were given the opportunity to familiarize themselves with the device and its content, including xprompt. As the focus of the overall study was on the nursing staff, patients were not given the chance to use xprompt on their own on the provided iPads. The purpose of xprompt was simply to provide additional means for alleviating communication problems between the nursing staff and non-German speaking patients. After the trial phase, an additional, anonymous evaluation was conducted over the course of 2 weeks. The study was approved by the Institutional Review Board of the Hannover Medical School, Trial ID number: 1145-2011.

The Application

“xprompt—multilingual assistance” is a commercial application (Blue Owl Software LLC, Boston, MA, USA) available for the iDevice ecosystem (ie, iPhones, iPads, and iPods). According to the developers, it was designed with the goal of improving the communication process between the nursing staff and patients in situations where language barriers exist [13].

The app was included into the study's application portfolio based on the highly positive reviews it received from health care professionals. For example, the special review portal, iMedicalApps, stated that this app had “tremendous clinical utility to facilitate an interactive dialogue and maximize the healthcare provider-patient relationship” [14].

The application can be helpful in many different settings as it contains a large phrase set (800 phrases, currently available in 23 languages), covering nursing care as well as daily life

communications. Although no official study on the quality of the content or the usability of the xprompt application is currently available, the available phrase set was deemed trustable since all translators had a medical education, and the quality of their translations had been verified by native speakers with a medical background [15]. Both the customer reviews given in the App Store and the positive ratings from iMedicalApps were interpreted as expert opinions.

The application usage is simple. The phrases are provided in tailored menus for the nursing staff and the patients, grouped

according to the situation in which they might be used with a quick navigation to the desired content. Via simple point and touch actions, selected phrases are translated into the target language. As an example, 3 short interactions are shown in Figure 1. The results are presented in text form as well as either an audio output for spoken languages or video sequences for sign languages (Figure 2). Users have the option to respond by using the language of the person they are interacting with by changing the language mode and choosing the desired phrases. Source and target languages can be freely combined (Figure 3).

Figure 1. Three examples for basic communication between nurses (left) and patients (right) based on the phrases integrated into xprompt. “#” indicates the phrase chosen in the application, and “→” the corresponding translation. Notes in “[]” describe the reactions of the participants.

Member of the nursing staff (English)	Patient (Russian)
EXAMPLE 1	
# Could you give me some personal details, please → Сообщите пожалуйста Ваши личные данные	[Patient smiles and nods]
# What is your date of birth? → Сообщите дату своего рождения	[Patient answers in Russian]
# Write it down, please → Напишите, пожалуйста	[Patient writes his birthdate on a piece of paper]
EXAMPLE 2	
[encouraging nod towards the patient]	# У меня просьба → I have a request
[Hands over the handbag from the cupboard]	# Мне нужен следующий предмет → I'd like this object:
	# Сумка → Handbag
	# Спасибо → Thank you
EXAMPLE 3	
# Turn to your left, please → Повернитесь на левый бок, пожалуйста	[Patient fulfils task and turns to his left side]

Figure 2. A search for specific phrases in xprompt (left), a phrase in Russian language (center), and video translation into British Sign Language (right).

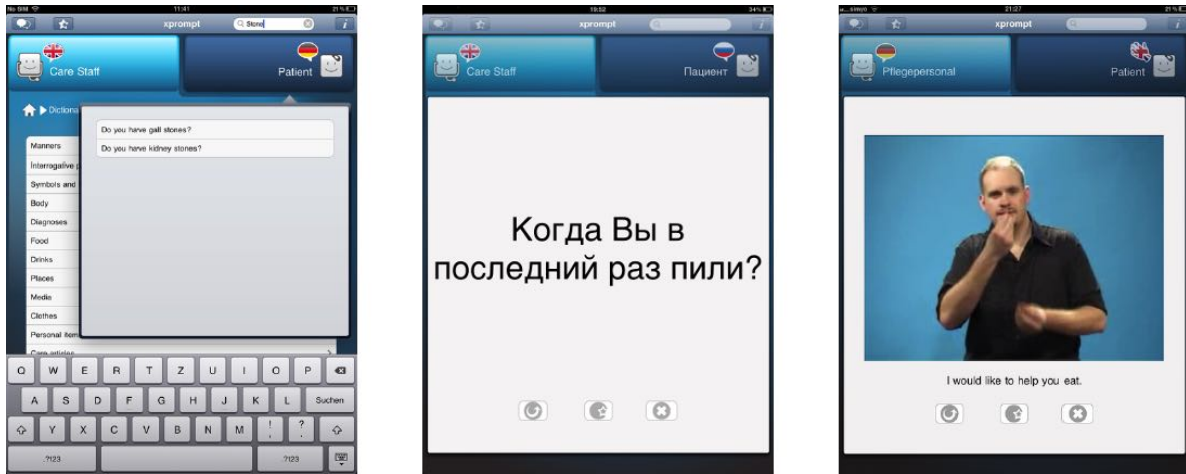
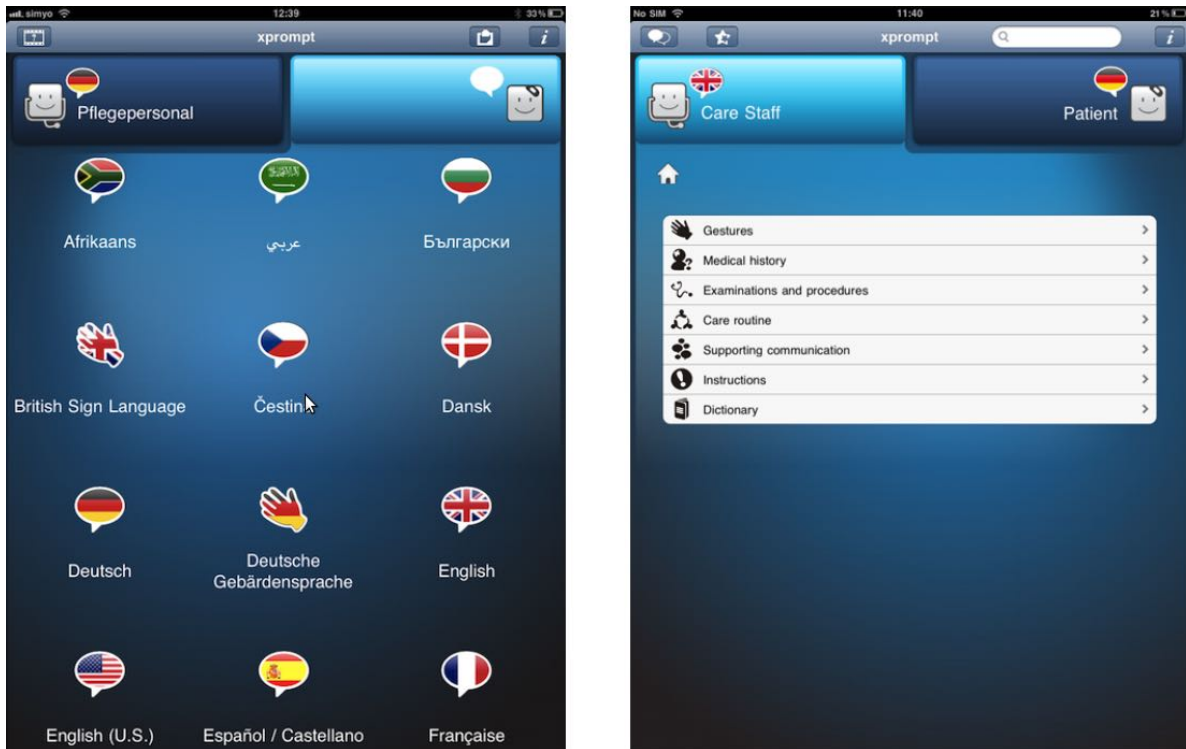


Figure 3. Choosing the languages to be used in xprompt (left). Typical menu entries for the care staff (right).



The Questionnaire

After the trial phase of the study, the aforementioned evaluation was performed. In total, the questionnaire contained 17 questions relating to either xprompt or basic usage of the devices. The questions we asked about using xprompt were integrated into the survey for the larger study that covered a wide range of aspects dealing with the general usage of mobile devices in a clinical setting. Due to time constraints, it was not feasible to cover all separate aspects with individual standardized usability questionnaires, which would have been desirable to guarantee comparability with other studies. We did not want to overly tax the patience of the personnel who agreed to answer our survey.

The Likert scale was employed for rating the intensity of various question items (eg, “not at all”, “very little”, “a little”, “somewhat”, “fairly”, “strongly”, “very strongly” for a 7-point scale, and “never”, “rarely”, “sometimes”, “often”, “very often” for a 5-point scale). Also, non-verbal 6- or 7-point Likert scales were used to discriminate between poles (eg, “several times per day” and “never”, or “totally agree” and “totally disagree”). The topics covered the iPad usage within the project as well usage of the iPad in general, the availability of the distributed devices during the project, the experienced usability of the device, relevance of the iPad related to work, expectations of working with the iPad in the future, and the general attitude towards the usefulness of translation apps (7 items). Another group of two items dealt with the usability aspects of xprompt.

A third group asked about the experience of the usage of xprompt in communication with patients and colleagues and in which way the application was helpful for overcoming communication problems between the nursing staff and patients (3 items). Regarding sociodemographic information, the study participants were asked about their age in years, their gender, work experience in years, and whether they had had any previous experience with the iPad before the study (4 items). The participants were also encouraged to provide short free-text comments to express their overall opinion on xprompt (1 item). The questionnaire was pretested using the thinking-aloud technique with 4 members of the nursing staff. Filling out the interview took no longer than 10 minutes time in the pretest.

Due to the anonymous nature of the evaluation, it was impossible to initiate individual follow-up attempts. Anonymization was granted by providing a randomized digital alpha-numerical code written on the questionnaires. After filling out the interviews, the participants returned them using unmarked envelopes that were collected on each ward. All envelopes were returned to the Institute for Medical Informatics where they were opened and the documents were scanned for automatic data collection using an electronic survey system [16]. The data were stored anonymously on a password-protected computer with no connection to the Internet. The survey and the evaluation software were also password protected. Subsequently, the data were exported to Microsoft Excel 2007 for further descriptive data analysis.

The available free text comments were analyzed systematically with respect to the actual use of the system, the type and content of any communication/interaction that had taken place using xprompt, the type of patients, problems that occurred, and whether there were any reasons for not using the system in specific situations. Additionally, to gain deeper insights into how the nurses had actually used the system, we asked 5 members of the nursing staff to reveal themselves as participants, regardless of whether they had employed the system for their daily work or not. These 5 users were also asked to fill out the system usability scale (SUS) questionnaire by Brooke [17], a standard tool for usability testing following ISO 9241/11, which can be used to determine effectiveness, efficiency, and user satisfaction of a system [18]. Although the SUS questionnaire contains only 10 questions (Table 1) and leads to a single score, according to [19], it actually contains 2 factors that measure usability and learnability aspects, which can also be used separately with similar effectiveness. The SUS score correlate well with the individual scores of usability and learnability, which are also intercorrelated. In [20], this 2-dimensional structure of the SUS was confirmed. When answering the questionnaire, users could choose the desired value on a 5 point Likert scale that ranges from "totally disagree" to "totally agree". Based on the answers, a simple score (range: 1-100) was calculated that could be used to rate the user-friendliness of the system, with 100 representing the ideal value [17]. The SUS questionnaire was translated into German language and used in this study.

Table 1. Median and IQR for all SUS items (original scores), based on N=5 interviews.

No.	SUS-Item	Median	IQR
1	I think that I would like to use this system frequently	3	1
2	I found the system unnecessarily complex	2	1
3	I thought the system was easy to use	4	1
4	I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	2	1
5	I found the various functions in this system were well integrated	3	1
6	I thought there was too much inconsistency in this system	3	1
7	I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	4	2
8	I found the system very cumbersome to use	2	2
9	I felt very confident using the system	4	1
10	I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	2	0

Results

From all potential users who were given the opportunity to gather firsthand experiences with the devices and their software, 42 participated in the final evaluation. Of these, 39 also answered the questions regarding xprompt. It was not possible to determine the exact number of employees who had the chance to work with the iPads since there were no data about vacations and sick leave. Still, it can be assumed that the number of employees amounts to approximately 160. Thus, the return rate of completely filled out questionnaires was approximately 24% (39/160). For each question, only the participants who provided a valid answer were counted.

Even with the low return rate, the study population was a typical sample of the nursing staff at Hannover Medical School, based on the proportion of female employees compared to a previous statistic. At the end of 2012, 83% of the total 2596 employees were female, which parallels with the demographics of this study, where 87% (34/39) of the participants were female. Participants also had a comparable age distribution of 69% (27/39) up to 45 years of age and 31% (12/39) for older participants (Table 2). Other important demographics were 50% (19/39) of the participants had a work experience of 10 years or less. 90% (35/39) of the participants were regular nurses and 10% (4/39) were specialized nurses (Table 3). 90% (35/39) of

the interviewed nursing staff stated that they had had no experience with the iPad before the project.

One out of four nurses (9/38) worked part time and thus did not have as much of a chance to work with the provided iPad (Table 3). Since nursing education in Germany does not take place at a university level, 74% (28/38) of those answering the survey had reached an education equivalent of Secondary School Level I before their training in nursing (Table 3).

The results from the interviewed group showed that 76% (27/36) had “rarely or never” used xprompt during the study, and 71% (27/38) stated that the iPad was almost always available when desired. Mobile translation tools such as xprompt were found to be helpful for daily communication with foreign-language patients (median=5, interquartile range (IQR)=2, scale 1-7, N=36) although xprompt itself received more neutral ratings (median=4, IQR=2.5, scale 1-7; N=36, see Figure 4). This difference cannot be attributed to the usability aspects of the application (see Figure 5) as xprompt was perceived to be easy-to-use (median=5, IQR=2, scale 1-7, N=36) and users did not have to spend much time to familiarize themselves with the application (median=5.5, IQR=2, scale 1-7, N=36). It was primarily used with patients (median=5, IQR=1, scale 1-6, N=36), but also with colleagues (median=5, IQR=2, scale 1-6; N=35, see Figure 6).

The device usability was rated positively by 90% (32/36, median=6, IQR=2) and 33% (12/36) assumed the iPad as relevant for their daily work routine while 19% gave it a more neutral rating (7/36, median=4, IQR=3). Altogether 82% (27/33, median=4, IQR=1) stated they would be able to use the device. Of these, (67%, 22/27) required no further introduction, while 15% (5/27) felt that they required the manual for continued use at their wards.

Nevertheless, Hannover Medical School—a facility providing maximum care—attracts patients from abroad. According to internal statistics, there are between 300 and 400 foreign patients per year from a variety of countries whose treatments are not being paid for by the German health insurance system; these are usually interested in certain specializations that are not available where they come from or in being treated by specific experts. Patients with a migration background who live in Germany are often able to communicate sufficiently. Thus, patients requiring help with communication are not evenly distributed between all wards and as was to be expected, during our evaluation, some of the wards that had been equipped with iPads simply did not have any patients that were unable to communicate due to inadequate language skills. All in all, the patients fitting the profile were a heterogeneous group of both sexes and ages ranging from the early twenties to the late

seventies. They were mainly treated on surgical but also gastroenterological wards and were of Libyan, Syrian, Turkish, Pakistani, Polish, Ukrainian, and Russian origin.

The analysis of the free text comments and additional in-depth interviews made it clear that xprompt was used for professional communication during patient care. The emphasis was on basic communication/interaction (examples given in Figure 1). There were also several attempts to communicate about more complex issues, although when attempting to provide information about delicate procedures (eg, surgical procedures or other interventions), the members of the nursing staff often indicated that they had avoided using the system.

Some elderly patients had problems to use and to “get in touch” with the devices since they were unfamiliar with such technology. Also, older members of the nursing staff were more cautious and skeptical about using the devices and xprompt. In some cases, only the nursing staff was able to really use the app since the patients were unable to read the menus due to either visual impairment or analphabetism. In these cases, since there is always audio output available, it was at least possible for the staff to provide patients with some basic information if they were not hard of hearing as well. At times, the desired target language was not available. The staff also experienced problems when trying to explain the menus to foreign language patients. In one case, a patient who had been severely traumatized by war refused any communication and in another case, poor overall compliance did not allow any conclusions to be drawn about whether communication worked at all.

On some wards, another reason for not employing xprompt was that a single iPad per ward was simply not sufficient; the staff would have liked to have separate iPads for each nurse since it was a hassle to share a single device and to have to ask around for the device whenever it was needed.

Also, some nurses stated that their problems with using xprompt and the iPads stemmed from being unfamiliar with such technology and that they had not received any introduction to the devices and the installed software; colleagues, mostly head nurses, who had been trained, were often not available when they needed help. One suggestion given in the free text answers was to offer several training sessions open for all staff members, another request was to provide direct bedside teaching. Although an introductory booklet that covered the basics had been distributed along with the devices, it was not always readily available. Other key statements were that at times, the tablet PCs had simply been locked away when someone wanted to use them or that they could not be used as frequently as desired due to the high workload, which the users found unfortunate.

Table 2. Male-to-female ratio and age distribution in the final survey (N=39) and for the Hannover Medical School (N=2569, data for 2012 obtained from the human resources department).

Category	Survey n (%)	Hannover Medical School n (%)
Sex		
Female	34 (87)	2126 (83)
Male	5 (13)	443 (17)
Age		
Up to 45 years	27 (69)	1721 (67)
46 years and older	12 (31)	848 (33)

Table 3. Job functions (N=39), work experience (N=38), work model (N=38), and educational level of the participants.

Category	n (%)
Function	
Regular nurse	35 (90)
Specialized nurse	4 (10)
Trainee	0 (0)
Work experience	
Up to 5 years	11 (29)
6-10 years	8 (21)
11-15 years	5 (13)
16-20 years	1 (3)
>20 years	17 (34)
Work model	
Part time	9 (24)
Full time	29 (76)
Educational level	
Secondary school level I	28 (74)
Secondary school level II	8 (21)
College / applied sciences	2 (5)
University	0 (0)

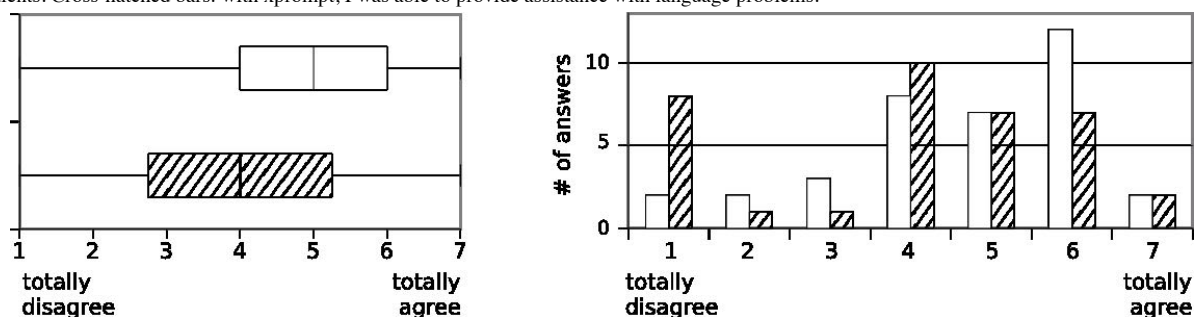
Figure 4. Details regarding usefulness. White bars: a translation system like xprompt is very helpful for communication with non-German speaking patients. Cross-hatched bars: with xprompt, I was able to provide assistance with language problems.

Figure 5. Ability to use and learn xprompt. White bars: the handling of xprompt is uncomplicated. Cross-hatched bars: I was able to learn the usage of xprompt in a short time.

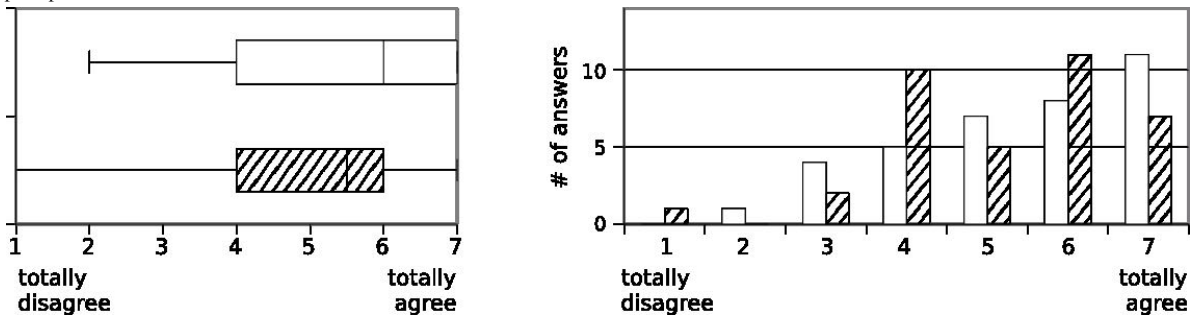
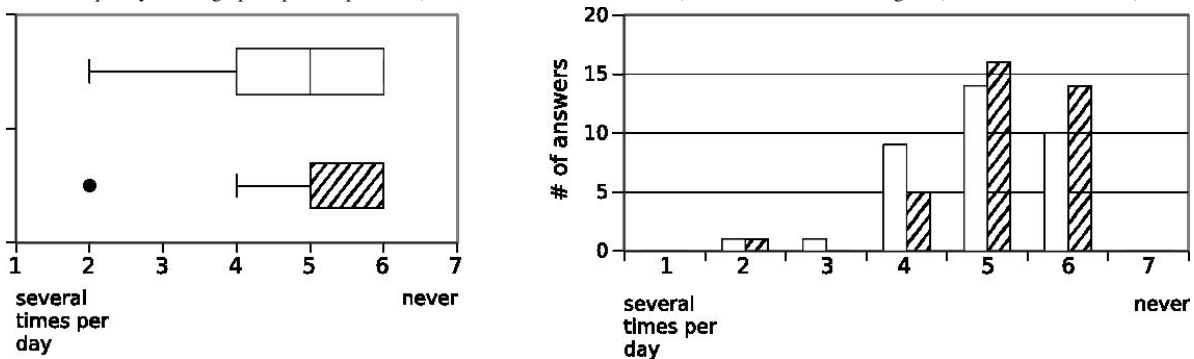


Figure 6. Frequency of using xprompt with patients (36 answers, cross-hatched bars) and alone or with colleagues (35 answers, white bars).



Discussion

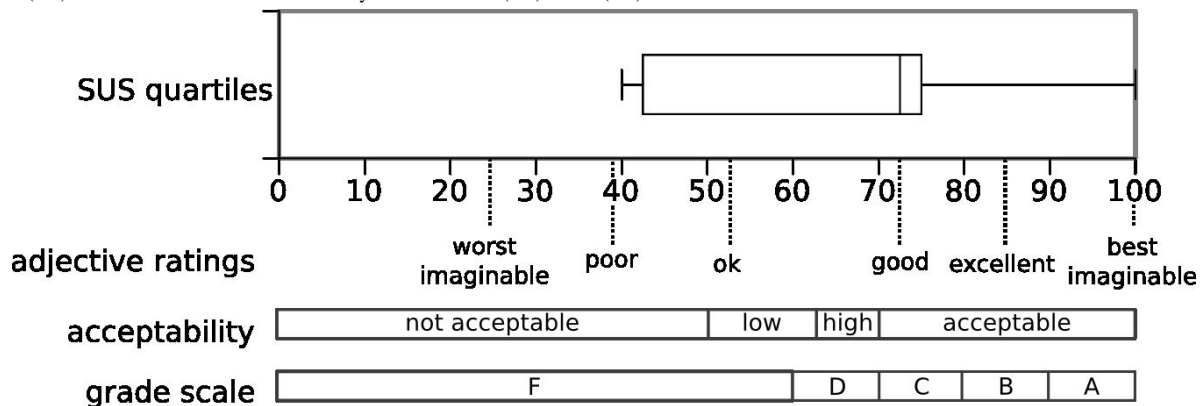
Principal Findings and Conclusions

The results showed an obvious discrepancy between the expert assessments of xprompt, stated in the user comments on the App Store [13] and on iMedicalApps [14] and the actual usefulness attributed to xprompt by the participants of our study. When looking at the other ratings given for xprompt, it can be ruled out that individual problems with the usage of xprompt were the reason for the neutral ratings it received with respect to supporting the communication process. Users at Hannover Medical School perceived the translation app as useful for basic communication; in this context, xprompt’s restriction to basic, predefined phrases was accepted, that is, one participant stated “small things could be sorted out but for complex issues, due to time constraints caused by high workload, it seems sensible to wait for an interpreter”. Another statement given in the free text answers was that the application was well structured and the menu could easily be used for navigating the content. One user thought that over time, he would become familiar with the application and thus be more at ease and feel more secure in using it. Since a considerably large proportion of participants reported that they did not use the system at all, we conducted additional short-scaled usability testing based on the SUS specified by Brooke [17] in order to determine whether these

findings lead to any distortions concerning the usability, task orientation, and general user satisfaction. The results of the SUS evaluation (SUS score=72.5) showed that xprompt seems well adapted for its task (Figure 7). Based on the answers of 5 volunteers who participated (Table 1), the suspected distortion could not necessarily be confirmed and it can be assumed that it does indeed not play an important role. According to Nielsen and Virzi, even small sample sizes are sufficient for detecting major usability problems [22,23]. Nevertheless, since xprompt is not overly complex, there should be no major deviations from results one might obtain using a larger number of participants; other reasons aside from usability seem to be responsible.

As shown by previous studies, in health communication situations where a language barrier existed, professional translators were not always requested even if they were available [24-26]. Diamond et al hypothesized that the staff make “decisions about interpreter use by weighing the perceived value of communication in clinical decision-making against their own time constraints” [26]. Results from our study supported this claim, where the great time pressure that medical staff are subjected to was reflected in their assessments of xprompt. Evidence for this can be found in the free text entries of the interviewees. For example, one female participant specified that “it is simply not possible to spend ‘hours’ on language problems because shortness of time”.

Figure 7. Score of the SUS sub-study [21]. The SUS score (median) was 72.5 (IQR=34.5). Three female and two male members of the nursing staff (N=5), 18-25 years of age (2/5), 26-35 years of age (1/5), 36-45 years of age (1/5), and 46-55 years of age (1/5) voluntarily answered the SUS questionnaire. All were regular nurses working in a full time scheme. The work experience included time spans of under 5 years (2/5), 11-15 years (1/5), and 26-30 years (2/5). Educational levels were Secondary School Level I (2/5) and II (3/5).



Adequately dealing with language problems was often viewed as too time consuming, but the nursing staff generally viewed translation tools such as xprompt as useful for solving such problems and saving time. But initially, using such tools always requires additional work to adapt to the change. During the study, it was obvious that the nursing staff had difficulties in explaining the program’s use to foreign language patients, as stated by one of the participants, “without any explanation, the application was too complicated to work with”. Although a language-independent video tutorial explaining its use was integrated in the application, the nurses did not use it at the bedside due to their perception of time constraints and too much personal distance to the patient when just passively showing a video instead of interactively introducing the application. To properly show the application’s functionality, the nursing staff would not only have to understand the app but to plan how to best present it to the patients and spend additional time on the actual explanation.

The above appears to indicate that ultimately, a distinction must be made between the individual use of xprompt and its use in the context of nursing care. For integrating it in the daily routine of inpatient care, detailed instructions with respect to the application’s use must be provided.

It can be assumed that individual users who installed xprompt on their own initiative had clear expectations about the program. They were searching the App Store for solutions to a specific problem they had encountered, that is, an “always available mobile medical translation”. With proper research on the topic, they were able to learn about and compare strengths and weaknesses of the available solutions. When downloading the application and testing it, there would not be excessive expectations regarding the functionality of the app, biasing their opinion about its potential. Users would have a realistic idea of the application’s features and limitations they might encounter.

Due to their research into possible solutions, the individuals who had voluntarily chosen to use xprompt had a “head start” and were well informed about what they could expect from the application. The users in our study setting did not actively choose to use xprompt and did not have as much information about the app or similar competing products. Rather, the nursing

staff was provided with a solution right away, without being able to familiarize themselves with all the aspects (ie, possibilities and limitations) of applications for overcoming the language barrier. Instead they found themselves in a situation with very little time but much work dealing with the patients, while having to personally understand the usage and functionality of the application and at the same time already having to explain it to the patients.

The results regarding the deployment of xprompt showed that, when introducing new technologies, it is especially important to adequately train the nursing staff and adapt the training according to their job requirements. Appropriate steps must be taken to ensure that users do not simply consider the provided technology as a gadget rather than as a useful tool. They must become aware of the opportunities mobile technologies can offer. Otherwise there will be little chance to integrate such tools in their daily routine. Thus, simply training users and providing information about how to use the devices and the apps installed on them can contribute to an improved acceptance. One approach that can be taken to establish improved acceptance on new technologies is to provide realistic information about the capabilities of specific applications and technologies, such that users will not overestimate the power of the technology and be appreciative of the advances brought by the technology.

The use of mobile translation tools may certainly support the communication between patients and nursing staff in the absence of a common language. Nevertheless, certain restrictions must also be observed, for example, the application may not be used in highly sensitive situations, especially if a patient’s life is in danger. The main objective was to alleviate health communication problems posed by language barriers and thus promote empowerment and medical autonomy of the patients in situations where no interpreter can be reached.

Limitations and Further Research

Due to the limited nature of the study with only one iPad per ward, patients did not have much opportunity to familiarize themselves with the application. As the application was used with patients of many different cultural and linguistic backgrounds and the focus of the study was on the acceptance

of the application by the nursing staff, we refrained from preparing separate questionnaires for patients for each of the available languages.

Although one might argue that the low number of responders in the survey is correlated to poor interest toward the application, it is more likely due to the way the iPads and their software were introduced on the wards. At the end of the project “iPads in Nursing” in which our evaluation of xprompt was embedded, the iPads were collected from the wards with the aim of using them in other projects. Since then, there have been numerous urgent requests by wards that traditionally have a large number of foreign speaking patients, such as the department of trauma surgery, to again provide them with iPads equipped with xprompt and we happily complied whenever possible. When asked what makes a solution such as xprompt attractive, the requesting personnel stated for example that they needed it to communicate with Arabic or Russian speaking patients, and that due to the program’s clear structure, it really simplified the basic communication process if no other help was available. In

order to provide deeper insights, we would like to conduct a more detailed study using a pre/post design, specifically addressing the limiting factors we identified. Such a follow-up study might include the introduction of solutions to the issues discussed above, including time constraints and the education of nurses regarding mobile technologies, in order to influence the perceived usability. Also, this time, the focus should be only on those wards that traditionally treat a large number of foreign patients.

Of course, staff and patients have different motivations when using xprompt. For patients, their expectations, needs, and fears during a medical emergency, a diagnostic procedure, treatment, or care situation is very different from what their professional counterparts perceive. Based on their professional experience, nurses will often already have found some other, possibly nonverbal, way to ensure basic communication. Therefore, in our forthcoming, more extensive study, we would also like to put an additional emphasis on aspects relating to patients using systems such as xprompt.

Acknowledgments

The study was financed solely based on institutional funds of the Hannover Medical School. We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft for the publication costs. iPhone, iPod, and iPad are trademarks of Apple Inc, registered in the United States and other countries.

Conflicts of Interest

Conflicts of Interest: None declared.

References

1. Ou L, Chen J, Hillman K. Health services utilisation disparities between English speaking and non-English speaking background Australian infants. *BMC Public Health* 2010 Apr 08;10:182 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1471-2458-10-182](https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-182)] [Medline: [20374663](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20374663/)]
2. Hilfinger Messias DK, McDowell L, Estrada RD. Language interpreting as social justice work: perspectives of formal and informal healthcare interpreters. *ANS Adv Nurs Sci* 2009;32(2):128-143. [doi: [10.1097/ANS.0b013e3181a3af97](https://doi.org/10.1097/ANS.0b013e3181a3af97)] [Medline: [19461230](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19461230/)]
3. Timmins CL. The impact of language barriers on the health care of Latinos in the United States: a review of the literature and guidelines for practice. *J Midwifery Womens Health* 2002;47(2):80-96. [Medline: [12019990](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12019990/)]
4. Fiscella K, Franks P, Doescher MP, Saver BG. Disparities in health care by race, ethnicity, and language among the insured: findings from a national sample. *Med Care* 2002 Jan;40(1):52-59. [Medline: [11748426](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11748426/)]
5. Divi C, Koss RG, Schmaltz SP, Loeb JM. Language proficiency and adverse events in US hospitals: a pilot study. *Int J Qual Health Care* 2007 Apr;19(2):60-67 [FREE Full text] [doi: [10.1093/intqhc/mzl069](https://doi.org/10.1093/intqhc/mzl069)] [Medline: [17277013](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17277013/)]
6. Bartlett G, Blais R, Tamblyn R, Clermont RJ, MacGibbon B. Impact of patient communication problems on the risk of preventable adverse events in acute care settings. *CMAJ* 2008 Jun 3;178(12):1555-1562 [FREE Full text] [doi: [10.1503/cmaj.070690](https://doi.org/10.1503/cmaj.070690)] [Medline: [18519903](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18519903/)]
7. Cohen AL, Rivara F, Marcuse EK, McPhillips H, Davis R. Are language barriers associated with serious medical events in hospitalized pediatric patients? *Pediatrics* 2005 Sep;116(3):575-579 [FREE Full text] [doi: [10.1542/peds.2005-0521](https://doi.org/10.1542/peds.2005-0521)] [Medline: [16140695](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16140695/)]
8. Schyve PM. Language differences as a barrier to quality and safety in health care: the Joint Commission perspective. *J Gen Intern Med* 2007 Nov;22 Suppl 2:360-361 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s11606-007-0365-3](https://doi.org/10.1007/s11606-007-0365-3)] [Medline: [17957426](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17957426/)]
9. Carrasquillo O, Orav EJ, Brennan TA, Burstin HR. Impact of language barriers on patient satisfaction in an emergency department. *J Gen Intern Med* 1999 Feb;14(2):82-87. [Medline: [10051778](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10051778/)]
10. Waxman MA, Levitt MA. Are diagnostic testing and admission rates higher in non-English-speaking versus English-speaking patients in the emergency department? *Ann Emerg Med* 2000 Nov;36(5):456-461. [doi: [10.1067/mem.2000.108315](https://doi.org/10.1067/mem.2000.108315)] [Medline: [11054199](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11054199/)]
11. App Store.: NiteFloat, Inc; 2012. MediBabble Translator URL: <http://itunes.apple.com/us/app/medibabble-translator/id355398880?mt=8> [accessed 2012-07-15] [WebCite Cache ID 69B35XLIm]

12. App Store.: Universal Projects and Tools SL; 2012. Universal doctor speaker URL: <http://itunes.apple.com/us/app/universal-doctor-speaker/id364794896?mt=8> [accessed 2012-07-15] [WebCite Cache ID 69B3R40Wx]
13. App Store.: Blue Owl Software; 2012. xprompt: multilingual assistance URL: <http://itunes.apple.com/de/app/xprompt-multilingual-assistance/id340640605?mt=8> [accessed 2012-07-12] [WebCite Cache ID 696ZrwZUJ]
14. Patel A. iMedicalApps. 2012 Apr 10. iPhone medical app helps with patient communication-xprompt multilingual assistance (app review) URL: <http://www.imedicalapps.com/2010/04/iphone-medical-app-xprompt-app-review/> [accessed 2012-07-12] [WebCite Cache ID 696aCRQyw]
15. xprompt-multilingual assistance.: Blue Owl Software; 2012. URL: http://xprompt.com/ipad_index.html [accessed 2012-07-12] [WebCite Cache ID 696aPwMLL]
16. Electric Paper. 2012. Effective evaluation software for education URL: <http://www.electricpaper.biz/?id=255> [accessed 2012-07-12] [WebCite Cache ID 696ZZRSFG]
17. Brooke J. SUS: a “quick and dirty” usability scale. In: Jordan PW, Weerdmeester B, Thomas A, McClelland IL, editors. Usability evaluation in industry. London: Taylor & Francis; 1996:107-114.
18. International Organization for Standardization-ISO 9241-11:1998. 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-part II guidance on usability URL: <http://www.userfocus.co.uk/resources/iso9241/part11.html> [accessed 2013-04-18] [WebCite Cache ID 6FyTckaeW]
19. Lewis JR, Sauro J. The factor structure of the system usability scale. Proceedings of the 1st International Conference on Human Centered Design: Held as Part of HCI International 2009;5619:94-103. [doi: [10.1007/978-3-642-02806-9_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12)]
20. Borsci S, Federici S, Lauriola M. On the dimensionality of the System Usability Scale: a test of alternative measurement models. Cogn Process 2009 Aug;10(3):193-197. [doi: [10.1007/s10339-009-0268-9](https://doi.org/10.1007/s10339-009-0268-9)] [Medline: [19565283](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19565283/)]
21. Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. Journal of Usability Studies 2009 May;4(3):114-123 [FREE Full text] [WebCite Cache]
22. Nielsen Norman Group Evidence-Based User Experience Research, Training, and Consulting. 2000 Mar 19. Why you only need to test with 5 users URL: <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/> [accessed 2013-01-03] [WebCite Cache ID 6DOOIFdCW]
23. Virzi RA. Refining the test phase of usability evaluation: how many is enough? Human Factors-special issue: measurement in human factors 1992;34(4):457-468 [FREE Full text] [doi: [10.1177/001872089203400407](https://doi.org/10.1177/001872089203400407)]
24. Gerrish K, Chau R, Sobowale A, Birks E. Bridging the language barrier: the use of interpreters in primary care nursing. Health Soc Care Community 2004 Sep;12(5):407-413. [doi: [10.1111/j.1365-2524.2004.00510.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2524.2004.00510.x)] [Medline: [15373819](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15373819/)]
25. Karliner LS, Jacobs EA, Chen AH, Mutha S. Do professional interpreters improve clinical care for patients with limited English proficiency? A systematic review of the literature. Health Serv Res 2007 Apr;42(2):727-754 [FREE Full text] [doi: [10.1111/j.1475-6773.2006.00629.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2006.00629.x)] [Medline: [17362215](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17362215/)]
26. Diamond LC, Schenker Y, Curry L, Bradley EH, Fernandez A. Getting by: underuse of interpreters by resident physicians. J Gen Intern Med 2009 Feb;24(2):256-262 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s11606-008-0875-7](https://doi.org/10.1007/s11606-008-0875-7)] [Medline: [19089503](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19089503/)]

Abbreviations

IQR: interquartile range

SUS: system usability scale

Edited by F Pinciroli, C Pagliari; submitted 16.07.12; peer-reviewed by U Hübner, S Ferrante; comments to author 11.08.12; revised version received 15.11.12; accepted 07.04.13; published 23.04.13

Please cite as:

Albrecht UV, Behrends M, Schmeer R, Matthies HK, von Jan U
Usage of Multilingual Mobile Translation Applications in Clinical Settings
JMIR Mhealth Uhealth 2013;1(1):e4
URL: <http://mhealth.jmir.org/2013/1/e4/>
doi:[10.2196/mhealth.2268](https://doi.org/10.2196/mhealth.2268)
PMID:[25100677](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25100677/)

©Urs-Vito Albrecht, Marianne Behrends, Herbert K. Matthies, Ute von Jan. Originally published in JMIR mHealth and uHealth (<http://mhealth.jmir.org>), 23.04.2013. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in JMIR mHealth and uHealth, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://mhealth.jmir.org/>, as well as this copyright and license information must be included.

Original Paper

Google Glass for Documentation of Medical Findings: Evaluation in Forensic Medicine

Urs-Vito Albrecht^{1*}, MD, MPH; Ute von Jan^{1*}, PhD; Joachim Kuebler^{2*}, MD; Christoph Zoeller^{2*}, MD; Martin Lacher^{2*}, MD, PhD; Oliver J Muensterer^{3*}, MD, PhD; Max Ettinger^{4*}, MD; Michael Klintschar^{5*}, MD, PhD; Lars Hagemeyer^{5*}, MD

¹PL Reichertz Institute for Medical Informatics, Hannover Medical School, Hannover, Germany

²Department of Pediatric Surgery, Hannover Medical School, Hannover, Germany

³Division of Pediatric Surgery, New York Medical College, Valhalla, NY, United States

⁴Trauma Department, Hannover Medical School, Hannover, Germany

⁵Institute for Legal Medicine, Hannover Medical School, Hannover, Germany

*all authors contributed equally

Corresponding Author:

Urs-Vito Albrecht, MD, MPH

PL Reichertz Institute for Medical Informatics

Hannover Medical School

Carl-Neuberg-Str 1

Hannover, 30625

Germany

Phone: 49 5115323508

Fax: 49 5115322517

Email: albrecht.urs-vito@mh-hannover.de

Abstract

Background: Google Glass is a promising premarket device that includes an optical head-mounted display. Several proof of concept reports exist, but there is little scientific evidence regarding its use in a medical setting.

Objective: The objective of this study was to empirically determine the feasibility of deploying Glass in a forensics setting.

Methods: Glass was used in combination with a self-developed app that allowed for hands-free operation during autopsy and postmortem examinations of 4 decedents performed by 2 physicians. A digital single-lens reflex (DSLR) camera was used for image comparison. In addition, 6 forensic examiners (3 male, 3 female; age range 23-48 years, age mean 32.8 years, SD 9.6; mean work experience 6.2 years, SD 8.5) were asked to evaluate 159 images for image quality on a 5-point Likert scale, specifically color discrimination, brightness, sharpness, and their satisfaction with the acquired region of interest. Statistical evaluations were performed to determine how Glass compares with conventionally acquired digital images.

Results: All images received good (median 4) and very good ratings (median 5) for all 4 categories. Autopsy images taken by Glass (n=32) received significantly lower ratings than those acquired by DSLR camera (n=17) (region of interest: $z=-5.154$, $P<.001$; sharpness: $z=-7.898$, $P<.001$; color: $z=-4.407$, $P<.001$, brightness: $z=-3.187$, $P=.001$). For 110 images of postmortem examinations (Glass: n=54, DSLR camera: n=56), ratings for region of interest ($z=-8.390$, $P<.001$) and brightness ($z=-5.40$, $P=.007$) were significantly lower. For interrater reliability, intraclass correlation (ICC) values were good for autopsy (ICC=.723, 95% CI .667-.771, $P<.001$) and postmortem examination (ICC=.758, 95% CI .727-.787, $P<.001$). Postmortem examinations performed using Glass took 42.6 seconds longer than those done with the DSLR camera ($z=-2.100$, $P=.04$ using Wilcoxon signed rank test). The battery charge of Glass quickly decreased; an average 5.5% (SD 1.85) of its battery capacity was spent per postmortem examination (0.81% per minute or 0.79% per picture).

Conclusions: Glass was efficient for acquiring images for documentation in forensic medicine, but the image quality was inferior compared to a DSLR camera. Images taken with Glass received significantly lower ratings for all 4 categories in an autopsy setting and for region of interest and brightness in postmortem examination. The effort necessary for achieving the objectives was higher when using the device compared to the DSLR camera thus extending the postmortem examination duration. Its relative high power consumption and low battery capacity is also a disadvantage. At the current stage of development, Glass may be an

adequate tool for education. For deployment in clinical care, issues such as hygiene, data protection, and privacy need to be addressed and are currently limiting chances for professional use.

(*J Med Internet Res* 2014;16(2):e53) doi:[10.2196/jmir.3225](https://doi.org/10.2196/jmir.3225)

KEYWORDS

Google Glass; forensic medicine; autopsy, postmortem examination; documentation

Introduction

Background

Emerging technologies originally developed for the customer sector often find their way into professional environments. A prime example is the use of smartphones and tablet computers in combination with medicine-related apps in hospitals [1-3]. Google Glass [4] is another new and promising device originally developed with private consumers in mind that will soon be available for the general public. In principle, Glass is an optical head-mounted display that in addition to its technical capabilities also allows easy communication with various Internet-based services (mainly provided by Google). With some exceptions, its voice and gesture control functionalities allow an almost hands-free mode of operations. Using a prism, the display information is presented on the retina of the user and provides various kinds of information and visual feedback. The device is capable of taking pictures and recording videos by using an integrated camera. By using wireless access to the Internet, this information can be shared with the public. Also, because Glass provides a built-in microphone and a bone conduction transducer for audio signals, voice over Internet protocol (VoIP) communication is easily possible (eg, by using Google Hangout). Various sensors integrated into the device allow using it for rich augmented reality-based applications.

Currently, Glass is in a premarket state and only participants of the Glass Explorer Program have had the chance to evaluate the device so far [5], but some reports of proof of concept projects, especially in the medical field, are already available [6,7]. Lucien Engelen, based at Singularity University (Silicon Valley, CA, USA) and in Europe at Radboud University Medical Center, was the first health care professional in Europe to commence research on the usability and impact of Google Glass in the field of health care [8]. His collection of reports published since July 2013 comprises descriptions of experiences gained while using the device in a number of settings, including in operating theaters, ambulances, general practices, and other settings. His reports have been published primarily on social media channels [9].

At the moment, no empirical evidence for using Glass in a medical setting is known to the authors. A literature search on PubMed using the keywords “Google Glass” only resulted in a limited number of articles [10,11]. Nevertheless, Glass seems to be perfect for hands-free documentation purposes. Therefore,

we were interested in the feasibility of integrating the device in a medical setting. We were also interested in usability aspects, including its effectiveness (can users successfully achieve their objectives?), efficiency (how much effort does it take to achieve those objectives?), and satisfaction (was the subjective experience satisfactory?). We decided to use Glass in a medical field where it was possible to evaluate the device with respect to these questions in a real setting while avoiding any risk to patients. The field of forensic medicine was selected as ideal for our purpose because photo documentation is of high value in this field.

Forensic Medicine

There are a number of demands placed on documentation in forensics. The description must be unambiguous and of high diagnostic value, yet easy to comprehend for laypersons, especially in court proceedings [12]. Photographic documentation may make a significant contribution to this and is expressly called for in the American Forensic Autopsy Performance Standards [13]. Because a textual description of a specific situation, such as anatomical structures, wounds, or hematomas, often requires imagination as well as a good knowledge of anatomy, a photograph may provide valuable help and aid readers in interpretation of the findings, especially if a reference scale is used. During forensic examinations and in autopsies, photographs can be used to document different stages of preparation if the original situation cannot be preserved. Particular findings can be recorded easily, in a timely manner, and are also easily verifiable and cost-efficient because of digital photography. However, when using conventional digital cameras, somebody has to operate the camera and this person must have a minimum of knowledge in camera handling and in the basics of forensic pathology. Until a few years ago, professional photographers were employed for this purpose, but nowadays—at least in Germany—this work has been delegated to the medical examiners themselves for economic reasons. The main problem with this approach is that an examiner who is working on a corpse cannot take hands-free photographs (Figure 1). Therefore, one has to change gloves to take pictures, often multiple times during the procedure, which costs time and resources. In this context, a camera that could be operated hands-free while taking the pictures and capturing the details the examiner wants with an image quality comparable to a commonly used digital single-lens reflex (DSLR) camera would mark an innovation in this field.

Figure 1. A typical crowded autopsy situation. On the left, the forensic pathologist is wearing Google Glass, allowing him to take pictures in a hands-free manner. On the right, the procedure is interrupted by an assistant taking a picture with a camera, which narrows the already limited space around the body.



Postmortem Examination and Autopsy

Postmortem examinations can be traced far back throughout history. Although the most important reason to perform such examinations is to determine whether a person is really dead—otherwise resuscitation measures must be initiated—the cause and manner of death (eg, natural death, accident, suicide, murder) has always been of further interest [13,14].

During a forensic examination of deceased persons, the examiner looks for externally visible evidence that may provide a hint to the manner of death, such as injuries, and samples may also be taken. In Germany, there is also a legal requirement to perform a forensic examination on every corpse that is to be cremated. This is because most indications and traces as to the cause of death will be permanently lost after cremation. Still, the results of a forensic examination have their limitations and the cause of death determined in this manner will always just be a suspected diagnosis. A forensic examination will never be able to substitute for an autopsy or have its probative value.

Over 100 years ago, Rudolf Virchow urged doctors to follow a standardized procedure for autopsy cases, which is meant as a useful guidance [15]. Nowadays, this is commonly acknowledged, but an autopsy should not be pressed into a rigid scheme [13,16,17]. Still, it should consist of 2 components, specifically an outer and an inner autopsy [18]. After describing the general impression, a systematic description of all body parts is required [13,19]. For this purpose, the head, throat and neck, chest, abdominal wall, back, outer genitalia and anus, as well as the upper and lower extremities are surveyed. Only when this is completed is the inner autopsy started. In Germany, §89 StPO (Code of Criminal Procedure) stipulates that all body cavities (head, chest, and abdominal cavity) must be opened and inspected, even if the cause of death seems to already have been ascertained during earlier steps. Every individual organ has to be examined and dissected [13,19]. If necessary, medical implants or foreign bodies as well as fractures, hematomas, and the skin, may have to be dissected to answer specific additional

questions. In other jurisdictions (eg, following the American Forensic Autopsy Performance Standards), autopsies are performed in a similar manner [13].

Methods

Image Acquisition

We used Glass during one autopsy (Figures 1 and 2). The senior physician leading the autopsy was equipped with Glass and was instructed to perform the procedure following the previously described standards. Beforehand, the physician was trained in using the device and a self-developed app used for capturing images (which we called “Blink-app”), which took approximately 5 minutes in total. Because the device itself is very straightforward to use and the app only requires a single voice command to start and a nodding motion or a head shake (for keeping or deleting an image) once the image is taken, the physician stated he felt confident in using it after he had practiced taking images a few times.

In addition, 16 postmortem examinations of 4 cases were performed by 2 physicians with training in forensic medicine. Both physicians conducted their examinations alternately with Glass (8 examinations) and a DSLR camera (Olympus E-600, lens: Olympus Zuiko Digital ED 14-42 mm F3.5-5.6, 8 examinations) without using the internal flash of the camera. The kind of device and who began the examination on which case was randomized by running a random number generator (with numbers 0 and 1) 3 times: first, to determine who of the 2 examiners should start, the second time to determine the device to use for the first of the 2 examinations of that examiner. The third call was used to determine the order of devices for the second examiner. The forensic pathologists were asked to follow their standardized routine. Therefore, they were not required to take a specific number of pictures, but were allowed to take as many pictures as they deemed necessary for documentation purposes.

Figure 2. A forensic pathologist taking a picture of the situs using Google Glass during an autopsy (left). The Blink-app app transmits the image to the laptop where it is immediately presented to the attending detective and the public prosecutor (right).



Glass

The device—a Google Glass explorer version—available during our prestudy (performed at the beginning of December 2013) ran on Android 4.0.4 (XE11). At the time of the prestudy, the Glass development kit had become available to the general public, which enabled us to build applications using methods and tools already established for other Android-based devices. Specifications of the available developer explorer unit included a Texas Instruments open multimedia applications platform (OMAP) 4430 SoC 1.2G Hz Dual (ARMv7), a 5-megapixel camera, 682 MB of memory, and 16 GB of storage, of which 12 GB were available for user purposes, as well as Wi-Fi 802.11b/g and Bluetooth. Sensors, such as a gyroscope, an accelerometer, and a magnetometer (all for 3 axes), as well as an ambient light and proximity sensors were also integrated in the device [20].

Software Setup

For image acquisition, we decided to refrain from using the preinstalled camera app for two reasons. First of all, without having performed an analysis of the data streams that occur whenever the device logs into a wireless network, we were unsure whether data acquired using the stock camera app would be relayed in any way to any third parties, such as Google. This would be understandable from their point of view given that the device available for our study was still at a premarket stage and they would want to obtain data about possible bugs. Nevertheless, although we were dealing with deceased persons, this would still have been problematic because of the sensitive nature, both ethically and legally, of the procedures that were performed. Secondly, at the time of our prestudy, running the preinstalled app completely hands free was problematic. Nevertheless, because of hygiene issues, this is a necessity in most medical environments, including forensic postmortem examinations and autopsies.

Therefore, using the available development kit, a native app was developed that alleviated these problems. This app, called Blink-app, made use of the standard camera application programming interface (API) provided by Google. It could be started through voice commands and used specific but easy to perform gestures, such as nodding or shaking the head (evaluated using rotation vectors acquired from the geomagnetic

sensor), to allow the user to specify whether an image should be kept or deleted. Using functionality integrated into this app, all accepted images were stored in a separate folder on the device and were securely transmitted via Wi-Fi to a Linux-based laptop that served as a wireless hotspot for Glass, but did not have any connection to the Internet. On this laptop, an Apache server had been set up to accept and store images transmitted from the device through hypertext transfer protocol (HTTP) POST requests for later evaluation. Additionally, the server setup allowed other personnel to review the acquired images in a Web browser on the laptop's (larger) screen immediately after they were taken. Image viewing could be performed in various scale modes ranging from an overview to zooming into the image (up to its original resolution) to allow onlookers to closely scrutinize specific areas. As soon as the procedures were over, any images remaining on the device were manually deleted.

Usability and Acceptance

The 2 forensic pathologists involved in taking the images were interviewed about usability aspects of Glass in combination with the Blink-app app. We asked questions about general experience, usage, and handling of the device, noteworthy positive and negative aspects, and whether there were any surprises. Because only 2 examiners used Glass, we refrained from using standardized usability instruments.

Subjective Ratings of Image Quality

A total of 6 forensic pathologists (3 male, 3 female; age range 23-48 years, mean age 32.8 years, SD 9.6), with mean work experience of 6.2 years (SD 8.5) were included in this evaluation after having given their informed consent for participation in the evaluation of the quality of the acquired images. The evaluation was done in two parts: the images were divided into 2 groups according to the settings they were taken in (autopsy and postmortem examination) and for each of the images, the device used for acquisition was noted (DSLR camera or Glass) in the internal database of the app we used for presenting and evaluating the images. All pictures were evaluated by all 6 participating forensic pathologists. To avoid differences in presentation, all used the same tablet computer with fixed display settings (maximum brightness and automatic adjustment for brightness had been deactivated) under similar lighting conditions. Also, during their evaluation, the raters were not

informed about which of the two devices had been used for taking the presented images.

In step 1, 49 pictures of the autopsy were presented to the participants using a self-developed evaluation app. The images taken by both devices were intermixed and were then presented in a randomized manner on a single 10" Android-based tablet computer (Samsung Galaxy Note 10.1N).

The participants were presented each image sequentially and they had to give their opinion about whether they were satisfied with it with respect to 4 parameters:

1. Region of interest or; specifically, whether all necessary anatomical structures were depicted.
2. Sharpness.
3. Overall color setting; specifically, whether the images allowed adequate discrimination of even small changes in color which could be important to document hints about underlying pathologies (eg, bruises on a decedent's skin). We were not interested in color cast caused by the devices.
4. Image brightness achievable based on the defined lighting installed in the autopsy room. Although one could argue that using a flash might have improved brightness of the images taken with the DSLR camera (and give an advantage to the DSLR camera because Glass does not include a flash), a flash is rarely employed during autopsies or forensic examinations because it could easily cause overexposure at close distances and could also lead to reflections when photographing wet tissue during an autopsy.

Raters were asked to specify their opinion about each image using a Likert scale with 5 levels (ie, ++, +, +/-, -, and --, in which "+" represented a highly positive and "--" represented an extremely negative rating for the respective parameter. For statistical analysis, these values were transformed into numeric values, in which the highest possible rating "+" corresponded to 5 and the lowest rating "--" corresponded to 1.

In step 2, using the images acquired during the postmortem examinations, we were primarily interested in whether there were significant differences in how well users captured the desired anatomy when using either the DSLR camera or Glass. Because one device is handheld and the other is head mounted, the way users aim the device and shoot the image differs. Because there were small but perceivable differences in coloring (specifically, a very slight yellowish tint in the DSLR camera images), we decided to apply an automatic white balancing algorithm integrated into the GNU Image Manipulation Program (GIMP) 2.8 for all images of the postmortem examination. Based on the RGB color model, for each color channel, this algorithm discards pixel values at both ends of the histogram for the respective channel that contributes only to 0.05% of the image and stretches the remaining pixel values as much as possible. This procedure avoids undue influence of outliers at both ends of the spectrum for each of the channels [21]. For documentation purposes in forensics, this is a commonly applied method; thus, it does not add any steps. But, in our case, the algorithm was specifically applied because we did not want the raters' decisions about which device was used for each of the presented images to be biased by the differences in tint. With respect to color, as stated previously, we were interested in

whether the devices allowed adequate discrimination of colors. Independent of the device used for image acquisition, the algorithm was used on all images acquired during the postmortem examinations without informing the participants about this process before they gave their ratings. After performing the white balance for all 110 pictures of the postmortem examination, the images were loaded into the aforementioned app as described previously and presented to each of the participants in a randomized manner.

Statistical Analysis

An observer recorded the time span (in seconds) required for each single postmortem examination using the stopwatch functionality available on a separate smartphone (Samsung Galaxy S4). The physicians had to start their examinations from a defined location on the bodies to be examined. A Wilcoxon signed rank test [22] was used to compare the related samples to detect differences between the devices. For each of the postmortem examinations, the number of images taken with the device chosen for that examination (Glass or DSLR camera) was counted. Before and after each use of Glass during an examination, the remaining battery charge was noted. For all mentioned variables, descriptive statistics were calculated, including the mean and standard deviation (SD).

The descriptive statistics for the ratings included the tabulation of the frequency and percentages of scale items for each item per device. Median values and quartiles were also calculated. To detect differences between the ratings obtained for both devices, we calculated an unpaired rank sum test (2-sided Mann-Whitney *U* test, with Cronbach alpha=.05 [23]). All items were included and there were no missing entries.

To determine interrater reliability (ie, how strongly the ratings of the participants correlated), we calculated intraclass correlation coefficients (ICC) [24] for the 6 participants for the items region of interest, sharpness, color, and brightness. The ICC can be used to assess the consistency of quantitative measurements (ie, correlation) between multiple observers measuring the same quantity [25]. All observers rated each case—they were not randomly chosen. We considered single values of the observers. We decided to use the ICC (3,1)-type, 2-way mixed with average measures for the calculations that were conducted using SPSS 21 (IBM Corp, Armonk, NY, USA).

Institutional Review Board Approval

The study was conducted with approval by the Institutional Review Board of Hannover Medical School, study number 2069-2013.

Results

Image Acquisition

During the autopsy, 64 pictures were taken: 40 with Glass and 24 using the DSLR camera. A total of 15 images were excluded because they were not related to the deceased person's anatomy, but rather to pictures of additional paperwork provided by the authorities. Thus, 49 autopsy images (Glass: n=32; DSLR camera: n=17) were used for the study. During the postmortem examinations, 112 pictures were taken, 55 of these using Glass

and 57 using the DSLR camera. We excluded 2 pictures (for similar reasons); thus, 110 images (Glass: n=54; DSLR camera: n=56) remained for evaluation.

During postmortem examinations, an average number of 7 pictures were taken per case with both devices. When using the

DSLR camera, the mean duration of a single postmortem examination was 225.9 seconds (SD 50.6) compared to Glass, for which the mean duration was 268.5 seconds (SD 64.1) (Table 1). During the postmortem examinations, an average 5.5% (SD 1.85) of Glass' battery charge was used per case, corresponding to 0.81% per minute or 0.79% per picture.

Table 1. Descriptive statistics of time measurements, number of pictures taken (per case), and loss of battery charge (per case) during postmortem examinations, stratified by device used to capture image: digital single-lens reflex (DSLR) camera or Google Glass.

Usage statistics per device	Minimum	Maximum	Mean (SD)
Time measurements (seconds)			
DSLR camera	189	310	225.9 (50.6)
Glass	180	359	268.5 (64.1)
Pictures taken			
DSLR camera	5	11	7.25 (2.12)
Glass	4	9	7.0 (1.85)
Used percentage of battery capacity per case (%)			
DSLR camera	N/A ^b	N/A	N/A
Glass	3	8	5.5 ^a (1.85)

^aBattery decrease per minute: 5.5%/(268.5 s/60 s)=0.81%; per picture: 5.5%/7.0 pictures=0.79%.

^bN/A: not applicable

Interviews

Based on the interviews, we obtained subjective ratings of the user experience for both Glass and the Blink-app app. In the forensic setting, especially during the autopsy, Glass equipped with Blink-app was deemed as a suitable tool for examiners in situations where they needed both of their hands for fulfilling tasks, especially in cases where there is limited opportunity for other persons to take pictures (either because of space requirements or availability). This certainly holds true in autopsy settings. Another useful effect was that other persons attending the procedure (colleagues and a police officer) were directly able to review what the leading pathologist had seen by looking at the laptop's screen (Figure 2). In the version that was tested, for users who do not have to wear corrective glasses, the device does not disturb the examiner's sight during the procedure and is comfortable to wear because of its low weight and good ergonomics. Even in a busy environment, such as an autopsy

with 5 people involved, the voice command used for starting the app worked very well. The integrated gesture control (nodding for upload and shaking one's head for discarding an image) was perceived as natural.

Similarly, for the postmortem examinations, both examiners agreed that the device's ergonomics and light weight made it comfortable to wear. Because the environment is generally quieter when performing this kind of procedure, both the voice and gesture control worked well. The examiners mentioned that taking images using Glass took more physical effort than with the DSLR camera to capture the desired regions of interest (Figure 3). This was especially the case with close-ups because the device is placed on the head during use and there was no macro function available. Consequently, to obtain images of the region they wanted, they sometimes had to bring their head—and with it the device—closer to the findings than they would have preferred.

Figure 3. Similar phases of a postmortem on the same body with photo documentation (image anonymized for patient confidentiality). The image on the left was taken with Google Glass and the image on the right with the DSLR camera.



Rating of the Images

The 6 raters evaluated 49 autopsy images each, totaling 294 evaluations (DSLR camera: n=102; Glass: n=192), each consisting of ratings on a 5-point Likert scale (from “++” to “--” corresponding to a numeric scale of 5 to 1) for each of the 4 qualities region of interest, sharpness, color, and brightness. Table 2 shows the absolute frequencies and percentages obtained per quality for each of the scale items for both devices. Differences between both devices are particularly noticeable for region of interest and sharpness. For region of interest, a large percentage of images taken by DSLR camera achieved the highest rating of “++” (region of interest: 57.8%, sharpness: 68.6%), whereas for images taken by Glass, ratings for these 2 qualities were more evenly distributed with a somewhat smaller peak for rating “+” (region of interest: 41.7%, sharpness: 34.9%). The distributions of ratings for color and brightness for both devices were a closer match, although results were also slightly in favor of images taken by DSLR camera.

For the images taken during the postmortem examinations (n=110), a total of 660 single evaluations were obtained from

the 6 raters (DSLR camera: n=342; Glass: n=318). Each of the 4 qualities (region of interest, sharpness, color, and brightness) were rated using a 5-point Likert scale (from “++” to “--” corresponding to a numeric scale from 5 to 1). Table 2 shows the absolute frequencies and percentages obtained per quality for each of the scale items for both devices. Considering the percentage values for the scale items for sharpness, color, and brightness, ratings are only slightly in favor of the DSLR camera. For region of interest, the difference is considerable, as shown when looking at the sum of ratings for “+” and “++” (corresponding to positive and highly positive ratings), which amounted to 90.7% for images acquired using the DSLR camera vs 61% for those taken by Glass.

As mirrored by the median values and interquartile ranges (IQR) shown in Table 3, for both devices, the 6 raters were quite consistent in their evaluation of the 4 qualities (region of interest, sharpness, color, and brightness) for images taken during the autopsy (n=49). For the postmortem examinations, raters were again quite consistent in their evaluation of the 4 qualities (region of interest, sharpness, color, and brightness) (Table 3).

Table 2. Frequencies (n) and percentages (%) of evaluations given by 6 raters for images taken during autopsy (n=294) and postmortem examination (n=660) with a digital single-lens reflex (DSLR) camera and Google Glass.

Quality and rating scale ^a	Autopsy evaluations, n (%)		Postmortem examination evaluations, n (%)	
	DSLR camera (n=102)	Glass (n=192)	DSLR camera (n=342)	Glass (n=318)
Region of interest				
++	59 (57.8)	56 (29.2)	161 (47.1)	82 (25.8)
+	33 (32.4)	80 (41.7)	149 (43.6)	112 (35.2)
+/-	7 (6.9)	35 (18.2)	28 (8.2)	92 (28.9)
-	3 (2.9)	20 (10.4)	4 (1.2)	32 (10.1)
--	0 (0)	1 (0.5)	0 (0)	0 (0)
Total	102 (100)	192 (100)	342 (100)	318 (100)
Sharpness				
++	70 (68.6)	45 (23.4)	160 (46.8)	146 (45.9)
+	24 (23.5)	67 (34.9)	129 (37.7)	111 (34.9)
+/-	6 (5.9)	37 (19.3)	37 (10.8)	46 (14.5)
-	2 (2.0)	40 (20.8)	9 (2.6)	15 (4.7)
--	0 (0)	3 (1.6)	7 (2.0)	0 (0)
Total	102 (100)	192 (100)	342 (100)	318 (100)
Color				
++	38 (37.3)	40 (20.8)	134 (39.2)	147 (46.2)
+	52 (51.0)	86 (44.8)	152 (44.4)	88 (27.7)
+/-	11 (10.8)	54 (28.1)	47 (13.7)	71 (22.3)
-	1 (1.0)	12 (6.3)	9 (2.6)	12 (3.8)
--	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Total	102 (100)	192 (100)	342 (100)	318 (100)
Brightness				
++	29 (28.4)	32 (16.7)	124 (36.3)	129 (40.6)
+	47 (46.1)	79 (41.1)	147 (43.0)	102 (32.1)
+/-	21 (20.6)	61 (31.8)	61 (17.8)	52 (16.4)
-	5 (4.9)	20 (10.4)	10 (2.9)	34 (10.7)
--	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.3)
Total	102 (100)	192 (100)	342 (100)	318 (100)

^aRating “++” indicates a highly positive rating; “--” stands for very poor results.

Table 3. Median values and interquartile ranges (IQR) of evaluations given by 6 raters for images taken during autopsy (n=294) and postmortem examination (n=660) with a digital single-lens reflex (DSLR) camera and Google Glass.

Quality and participant	Autopsy evaluations ^a				Postmortem examination evaluations ^a			
	DSLR camera (n=102)		Glass (n=192)		DSLR camera (n=342)		Glass (n=318)	
	Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR
Region of interest								
#01	5	1	4	1	5	1	5	1
#02	5	1	4	1	5	1	4	1
#03	5	0	5	0	5	0	5	1
#04	4	0	4	1	4	0	3	1
#05	4	2	3	2	4	0	3	1
#06	4	1	3	2	4	2	3	1
Sharpness								
#01	5	0	4	1.25	4	1	5	1
#02	5	0	4	1	4	1	4	1
#03	5	0	4	1	5	0	5	0
#04	4	1	2.50	2	4	0	4	1
#05	5	0	4	2	5	1	5	0
#06	5	1	3	2	4	2	4	1
Color								
#01	4	1	4	0	4	1	5	1
#02	4	1	3	0.50	3	1	3	0
#03	5	1	4	1	5	0	5	0
#04	4	0	3	1	4	0	4	1
#05	5	1	4	1	5	0	5	0
#06	5	1	4	1	4	1	4	1
Brightness								
#01	4	0	4	0	4	0	4	1
#02	3	1	3	0	3	1	3	2
#03	5	0	5	1	5	0	5	0
#04	3	1	3	1.25	4	1	3	2
#05	4	1	4	1	5	0	5	0
#06	4	1	3	1	4	1	4	1

^aFor calculating median and IQR, the Likert scale items have been transformed into a numeric representation between 1 and 5 where 5 represents the best (“++”) and 1 the worst possible rating (“--”).

For image quality, it was of interest whether the region of interest was appropriately captured, whether the image was well focused and sharp, as well as whether color discrimination and brightness were satisfactory for the participants. Instead of using algorithms for an objective interpretation of the images, we decided to obtain subjective ratings by professionals who would have to use such images for their photo documentation if a

device such as Glass were to be officially introduced in such settings. Overall, on a 5-point scale (where 5 represented the best and 1 the worst possible rating) the images received good (median 4) and very good values (median 5) in all 4 categories independent of the device used for image acquisition or the setting (Table 4).

Table 4. Minimum (min) and maximum (max) measurements, first quartile (Q1), second quartile (Q2, median), third quartile (Q3), and interquartile range (IQR) of ratings from 6 raters for images taken during autopsy (images: n=49, ratings: n=294) and postmortem examination (images: n=110, ratings: n=660) with a digital single-lens reflex (DSLR) camera and Google Glass.

Procedure and measurements	Region of interest		Sharpness		Color		Brightness	
	DSLR camera	Glass	DSLR camera	Glass	DSLR camera	Glass	DSLR camera	Glass
Autopsy								
Min	2	1	2	1	2	2	2	2
Max	5	5	5	5	5	5	5	5
Q1	4	3	4	3	4	3	3	3
Q2 ^a	5	4	5	4	4	4	4	4
Q3	5	5	5	4	5	4	5	4
IQR ^a	1	2	1	1	1	1	2	1
Postmortem examination								
Min	2	2	1	2	2	2	2	1
Max	5	5	5	5	5	5	5	5
Q1	4	3	4	4	4	3	4	3
Q2 ^a	4	4	4	4	4	4	4	4
Q3	5	5	5	5	5	5	5	5
IQR ^a	1	2	1	1	1	2	1	2

^aFor calculating median and IQR, the Likert scale items have been transformed into a numeric representation between 1 and 5 where 5 represents the best (“++”) and 1 the worst possible rating (“--”).

Pictures taken during the autopsy showed differences between DSLR camera and Glass primarily in region of interest and sharpness (DSLR camera: median 5; Glass: median 4). In color and brightness, the median values for both devices were identical (median 4), but values for the third quartile differed because only the DSLR camera received maximum ratings of 5. Nevertheless, images taken during the autopsy using Glass

received significantly lower ratings for all 4 categories than those taken by the DSLR camera (region of interest: $z=-5.154, P<.001$; sharpness: $z=-7.898, P<.001$; color: $z=-4.407, P<.001$, brightness: $z=-3.187, P=.001$; see Table 5). Raters favored the pictures taken by DSLR camera with respect to correctly capturing the desired region of interest as well as sharpness, color discrimination, and brightness.

Table 5. Unpaired rank sum, 2-sided Mann-Whitney *U* (Cronbach alpha=.05) for ratings of autopsy and postmortem examination images taken by digital single-lens reflex (DSLR) camera and Google Glass.

Item	Autopsy (n=294)		Postmortem examinations (n=660)	
	<i>z</i>	<i>P</i>	<i>z</i>	<i>P</i>
Region of interest	-5.153691	<.001	-8390	<.001
Sharpness	-7.898378	<.001	-0.587	.56
Color	-4.406570	<.001	-0.011	.59
Brightness	-3.186663	.001	-540	.01

Interrater Reliability

The interrater reliability was high (Table 6). The ICC for the ratings obtained based on the autopsy pictures indicated a strong positive relationship for sharpness (ICC=.917, 95% CI .875-.948, $P<.001$) and brightness (ICC=.720, 95% CI .579-.826, $P<.001$), and a moderately positive relationship between raters for color (ICC=.658, 95% CI .485-.787, $P<.001$) and region of

interest (ICC=.630, 95% CI .443-.770, $P<.001$). When considering the ratings of the postmortem examinations, the ICC values for region of interest (ICC=.727, 95% CI .639-.799, $P<.001$) and sharpness (ICC=.761, 95% CI .685-.824, $P<.001$) indicate a strong positive relationship, whereas color (ICC=.674, 95% CI .569-.760, $P<.001$) and brightness (ICC=.545, 95% CI .399-.665, $P<.001$) indicate a moderately positive relationship among the raters.

Table 6. The intraclass correlation coefficients (ICC), 95% confidence intervals (95% CI), and levels of significance (*P*) for items rated by 6 raters for autopsy and postmortem examinations, ICC(3,1), 2-way mixed, average measure.

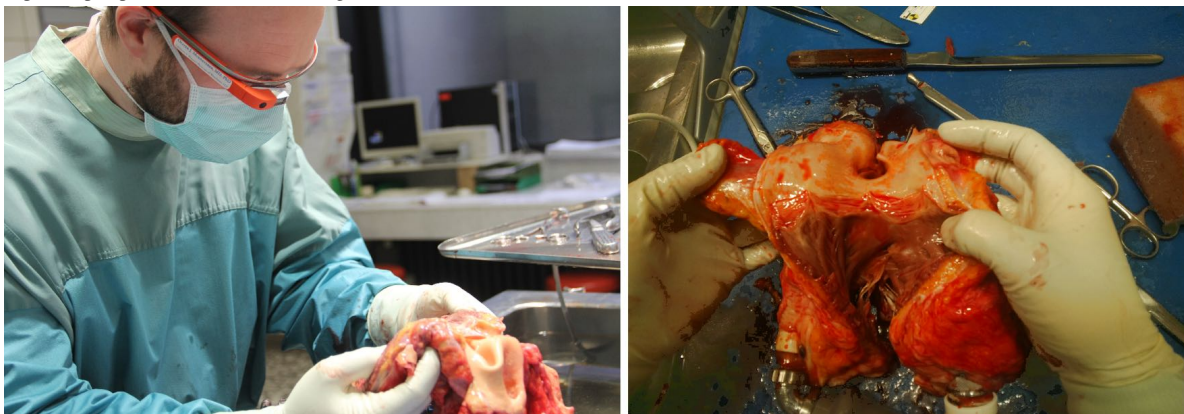
Item	Autopsy			Postmortem examinations		
	ICC	95% CI	<i>P</i>	ICC	95% CI	<i>P</i>
Region of interest	.630	.443-.770	<.001	.727	.639-.799	<.001
Sharpness	.917	.875-.948	<.001	.761	.685-.824	<.001
Color	.658	.485-.787	<.001	.674	.569-.760	<.001
Brightness	.720	.579-.826	<.001	.545	.399-.665	<.001

Discussion

Principal Findings

In our evaluation, we focused on the main functionality of Glass in areas where we thought it would have an advantage against

other existing technology. Because it includes a lightweight head-mounted display and a camera with voice and gesture control in combination with embedded computer and wireless communication technology, it seems ideal for both communication and photo documentation (Figure 4). We were interested in its effectiveness, efficiency, and user satisfaction.

Figure 4. The forensic pathologist is taking a picture of the heart using Google Glass (left). The original image taken with the device allows viewers a first-person perspective of the structure (right).

Overall, both devices had sufficient capabilities and could be used effectively for the task of image acquisition during the procedures. Users were able to successfully achieve their objectives with either device, but we detected differences in the efficiency of the devices. Postmortem examinations performed using Glass for acquiring the photo documentation took 42.6 seconds longer than those performed with the DSLR camera (Table 1). The difference was significant. ($z = -2.100$, $P = .04$ using Wilcoxon signed rank test). Overall, this corresponds to one-fifth of the average length of the procedure when using a DSLR camera (3.45 min) and leads to additional undesired expenditure of battery power. On average, 5.5% (SD 1.85) of the battery capacity of Glass was used per case during the postmortem examinations, corresponding to 0.81% per minute or 0.79% per picture.

Although one may suspect that this relatively high power consumption may be because of not using the stock camera app for capturing the images, we do not believe this to be the case. While developing the app, we did not note any differences in power consumption when comparing our app to the preinstalled camera app. As noted previously, the Blink-app app was implemented based on the official camera API calls; thus, both apps made use of the same (or at least very similar) calls to image acquisition functions. Also, when using the Blink-app

app, images were saved in the original form available through the official API calls without any alteration. Of course, power consumption is higher with an active Wi-Fi connection, but again, we noted no apparent difference between the stock camera app and the Blink-app app if the device was connected to a wireless hotspot while either app was running. Also, because we were dealing with a premarket device, we expect power consumption and battery capacity to improve in future versions. At the time of our study, our aim was simply to determine whether, in its current state, power consumption was a potential limiting factor or was adequate for our chosen setting without having to resort to external power sources, such as additional battery packs, because these would be problematic in such settings due to external cabling and additional bulk. In medical settings, a cable running down from Glass to an external battery pack may raise concerns with respect to hygiene as well as add potential for Glass to be pulled off the user's nose if something (eg, a fastener on the physician's surgical gown) inadvertently pulled on this cable.

For the DSLR camera, it was not possible to determine the exact percentage of battery power used because the camera only provided an icon with a crude scale in units of 25%; however, no significant loss of battery power could be detected. This is understandable when considering the average battery capacity

of current DSLR cameras; thus, no corresponding information is listed in Table 1. For Glass, the battery's level of charge quickly decreased; an average 5.5% of the battery's capacity was spent per postmortem examination (0.8% per minute or 1.3% per picture). If all went well and examiners were to use Glass in a similar manner to how it was used in our study, this would allow for approximately 18 postmortem examinations or 125 minutes of use, or 78 pictures. Compared to the DSLR camera, this would require earlier recharging, which could be a problem if there were a large number of postmortem examinations to be performed. But it is expected that a future version of Glass sold to the general public will have an improved battery life. Altogether, the effort necessary for achieving the objectives was higher when using Glass compared to the DSLR camera, and when comparing the percentage of battery charge used, the numbers currently seem to be also in favor of the DSLR camera.

The presentation of the region of interest is the most important aspect that must be covered by the photographer and the device used. For the images taken during the forensic examinations, we decided to apply an automatic white balancing algorithm as described previously to give the images taken by both devices a similar and comparable appearance and to allow the participants to more easily focus on possible differences in the presentation of the region of interest. As expected, the median of the ratings for images taken with Glass or DSLR camera showed lower variability in the median (median 4) in all item categories because of the image manipulation. The IQR showed greater spans in the Glass group (IQR 2) with respect to region of interest, color, and brightness. Based on statistical testing, only the ratings for region of interest ($z=-8.3901$, $P<.001$) and brightness ($z=-540$, $P=.01$) were significantly better for images taken with the DSLR camera, whereas sharpness and color showed no significant differences (Table 5). The main disadvantage concerning region of interest is the lack of a zoom function with Glass compared to the DSLR camera.

User satisfaction depends on a number of factors, including the usability of the device and the quality of the images. The interviews about user experience and acceptance of the Glass device underline the comfort of a lightweight voice- and gesture-controlled device with a head-mounted camera. Those questioned perceived the device to be a suitable tool in the situations where they had used it (ie, during autopsy and forensic examinations).

Overall, the experience using Glass was satisfactory although the quality of the images obtained left room for improvement. Our use of the custom app instead of the device's stock camera did not appear to have an influence on image quality. While developing the app, a careful visual comparison of images taken with both apps (taken by the same person with same angle of view and similar lighting conditions because the images were taken at the same location and only a few seconds apart) did not show any obvious differences in color, sharpness, and other parameters. There were also no visual differences with respect to artifacts or depiction of fine structures. Additionally, an analysis of the exchangeable image file format (Exif) data included within the images did not show any notable differences (aside from the timestamp). Therefore, we believe that the

quality of images acquired by Glass was not negatively influenced by our app. However, it is to be expected that the manufacturer will refine many of the points we noted (ie, image quality and battery capacity) before the device hits the consumer market.

Limitations

There are a number of limitations in our evaluation. First of all, because of time constraints, we were only able to use the device on a limited number of cases and with only 2 physicians. Also, for our study, the 6 raters included the 2 physicians who took the images, but because of the amount of images taken from similar perspectives with both devices by both physicians and some days having passed between image acquisition and evaluation, we do not believe this influenced the results. When asked, neither of them was able to identify who had taken a specific image because of the random manner in which the images were presented. In most cases, they were not even sure which case an image belonged to. Also, neither of the physicians had any influence on the integration of the selected images in the app we used for image presentation.

Because it was only possible to use Glass during one autopsy, we may have missed differences one might otherwise note with respect to specific types of cases that require other approaches than those commonly used in standard autopsy situations. Establishing a control group could also have improved the results. A larger number of postmortem examinations, ideally performed by additional examiners, would have reduced bias and standardized instruments for measuring usability could have been applied as well (eg, the system usability scale by Brooke [26] and Hassenzahl's AttrakDiff2 [27]). Raters recruited from other forensic medical facilities would also have improved the data pool used for analysis.

From a technical point of view, it may be seen as problematic to compare the capabilities of a DSLR camera with a resolution of 12.6 megapixels with those of a 5-megapixel camera integrated in a mobile device. Even with recent advances in mobile technology, the quality of a small-lensed camera can never compare to what a DSLR camera has to offer. However, our aim was not a direct comparison of technical parameters but to determine whether the perceived image quality provided by Glass was adequate for the stated purpose; therefore, we do not believe this to be a limitation.

Additional Advice

There are additional aspects that will make the deployment of Glass in clinical settings complicated. These expected complications are not due to purely technical issues, such as image quality or handling, but rather concerns about data protection and privacy. Because Glass was developed primarily for the private sector, its basic functionality and the preinstalled apps make extensive use of Google's network and servers. Therefore, the user has little control over the way data are handled, transmitted, stored, and possibly evaluated by a third party. Because Google is the main company involved, their data protection policy is applied. For the professional medical sector, it is not advisable to send any data of a patient—especially concerning medical issues—using an open and unsecured

network. At least in European countries, it is not acceptable to store and share medical data stored in “the cloud” and similar restrictions apply to other countries (eg, the US Health Insurance Portability and Accountability Act does not allow a third party to access patient data [10]). Therefore, unencrypted communication or communication over insecure networks for making video calls or doing live chats to exchange information about a patient’s case are just as unacceptable as sending pictures and emails containing personal details that help identify the patient.

Currently, when using Glass in a medical setting, a private (closed) network without any connection to servers aside from those belonging to the private infrastructure should be ensured. Additionally, just as for all other applications where medical data are concerned, state-of-the-art encryption and access policies should be employed for access to the infrastructure as well as storage and transmission of all data. For our study, we developed the previously mentioned app that allowed data exchange only within a private network (ie, between Glass and a laptop without Internet access).

There is also an additional point that must be kept in mind regarding apps running on Glass. Just as for other mobile smart devices used in health care settings, there will be additional pitfalls regarding data security and privacy once the market of third-party health apps and medical apps specifically adapted to Glass grows; for example, if manufacturers of apps do not implement appropriate measures for ensuring these aspects in their products. Depending on the jurisdiction they are used in, applications that have a diagnostic or therapeutic purpose (ie, could be rated as a medical device) must already conform to regulations (eg, the Mobile Medical Applications Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff [28]), thus ensuring some quality control. Nevertheless, for apps for which such regulations do not apply, it would be highly desirable if manufacturers or developers of an app were to provide users with at least sufficient and transparent information to allow them to make an informed decision about whether they want to use an app—be it on Glass or on other mobile devices—or not. The information should be provided in a clearly structured way (eg, using an app synopsis as presented by Albrecht [29]). This could also be used as a starting point for instigating a peer-review process of such applications.

Devices such as Glass can be used unobtrusively without attracting attention of persons who are unaware of the technical possibilities or dangers offered by these devices. As in all areas of medicine, the usual rules regarding a patient’s rights of privacy need to be applied, which may easily be overlooked because Glass is so easy to use and integrates well in many settings. Also, because it is currently unknown how living patients will react to the device in an examination and other common settings encountered in the medical field, empirical

studies that investigate the acceptance of patients would add significant value if Glass is to be widely deployed. For example, a recent blog entry by Mat Honan [30] who used the device for a year indicated issues with acceptance from the public.

Hygiene is also an issue when using the device with patients because Glass is not a medical product and was not developed for use in a sterile environment. Therefore, it is questionable whether it is possible to disinfect it properly. Currently, the manufacturer is not giving any recommendations regarding proper disinfection of the device. By allowing hands-free operation, our Blink-app app supports the demands of hygiene; nevertheless, we used disinfecting wipes for plastic surfaces of medical devices, although this may cause issues with warranty [31].

Conclusions

In our opinion, aside from using the device for documentation purposes, there is also potential for another field of application in forensic medicine: By chance, we recognized the reaction of our medical students participating in the autopsy. They were amazed by the pictures taken by Glass that were almost instantly presented on the laptop’s screen. Because there is only room for a limited number of students to watch, even for interesting cases, using the described setup with our additional add-ons might provide an opportunity for a larger number of students to observe the procedure in a dynamic manner. There are also a number of other uses in medical education and training one can imagine (eg, cardiology and others described in [32]).

The main strength of Glass is its ergonomic and lightweight design, combined with the camera that allows taking pictures and videos directly from the user’s point of view. This feature makes the design interesting for medical education (eg, in pathology and in surgery). Independent of the local setting, students and colleagues may join a complicated autopsy or operation and can see exactly what their teachers see, thus learning from watching their actions from the ideal perspective (Figure 4). This is similar to the potential benefit also already noted—albeit for education in general—by other authors [32–34]. If worn by students, Glass could also serve to enhance existing augmented reality-based solutions for medical education, such as mARble [35], an augmented reality-based blended learning tool for use in medical education that is currently implemented for conventional smartphones and allows students to immerse themselves in an almost realistic learning scenario in cases where learning on real patients may be restricted (eg, because of ethical concerns). It remains to be seen whether the current comparatively low display resolution of Glass is sufficient to provide students with content similar to what can currently be shown using the smartphone-based solution (eg, by overlaying specific medical findings on another student’s skin). If yes, Glass would also have potential to significantly enhance augmented reality-based learning tools.

Acknowledgments

We would like to thank Reinhold Krentscher and Michael Erdmann (assistants to the forensic pathologists) as well as Roman Wolff-Maras for their support conducting this study. We thank Nuray Tasdelen, Christoph Noll, and Enno Rubner for assistance

during the photo shooting. The study was financed solely from institutional funds of the Hannover Medical School. We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft for the publication costs.

Conflicts of Interest

None declared.

References

1. Migliore M. Smartphones or tablets for a better communication and education between residents and consultant in a teaching hospital. *J Surg Educ* 2013 Aug;70(4):437-438. [doi: [10.1016/j.jsurg.2013.03.001](https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2013.03.001)] [Medline: [23725929](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23725929/)]
2. Székely A, Talanow R, Bágyi P. Smartphones, tablets and mobile applications for radiology. *Eur J Radiol* 2013 May;82(5):829-836. [doi: [10.1016/j.ejrad.2012.11.034](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.11.034)] [Medline: [23312700](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23312700/)]
3. Dexheimer JW, Borycki EM. Use of mobile devices in the emergency department. *Stud Health Technol Inform* 2013;192:1086. [Medline: [23920860](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23920860/)]
4. Google Glass. 2014. URL: <http://www.google.com/glass/start/> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLqIQS7y]
5. Google. 2014. The Glass Explorer Program URL: <http://www.google.com/glass/start/how-to-get-one/> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLqWIOL6]
6. Nosta J. Forbes. 2013 Jun 21. Inside the operating room with Google Glass URL: <http://www.forbes.com/sites/johnnosta/2013/06/21/google-glass-in-the-operating-room/> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLqqbxon]
7. Medical Xpress. 2013 Aug 27. First US surgery transmitted live via Google Glass (w/ video) URL: <http://medicalxpress.com/news/2013-08-surgery-transmitted-google-glass-video.html> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLrCrQI9]
8. Wikipedia. 2014. Google Glass URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLrU9nbc]
9. Engelen L. LinkedIn. 2013 Aug 15. Is Google Glass useful in the operating room? URL: <http://www.linkedin.com/today/post/article/20130815203138-19886490-google-glas-in-or?trk=mp-author-card> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLrhZRnG]
10. Glauser W. Doctors among early adopters of Google Glass. *CMAJ* 2013 Nov 5;185(16):1385. [doi: [10.1503/cmaj.109-4607](https://doi.org/10.1503/cmaj.109-4607)] [Medline: [24082019](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24082019/)]
11. Fox BI, Felkey BG. Potential uses of google glass in the pharmacy. *Hosp Pharm* 2013 Oct;48(9):783-784 [FREE Full text] [doi: [10.1310/hpj4809-783](https://doi.org/10.1310/hpj4809-783)] [Medline: [24421554](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24421554/)]
12. Bankl H. Kapitel 8: Das Obduktionsprotokoll. In: *Arbeitsbuch Pathologie, Einführung in die Pathologie - Pathologisch-anatomisches Praktikum*. Wien: Facultas Universitätsverlag; 1998:30.
13. Peterson GF, Clark SC, National Association of Medical Examiners. Forensic autopsy performance standards. *Am J Forensic Med Pathol* 2006 Sep;27(3):200-225. [doi: [10.1097/01.paf.0000243580.43150.3c](https://doi.org/10.1097/01.paf.0000243580.43150.3c)] [Medline: [16936503](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16936503/)]
14. Schneider V, Rothschild MA. Chapter 1.4. In: Brinkmann B, Madea B, editors. *Handbuch gerichtliche Medizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin; 2004.
15. Virchow R. *Die Sektions-Technik im Leichenhause des Charité-Krankenhauses, mit besonderer Rücksicht auf gerichtärztliche Praxis*. Berlin: Hirschwald; 1893.
16. Camps FE. *Gradwohl's Legal Medicine*. Bristol: Wright & Sons; 1976.
17. Knight B. The forensic autopsy. In: Knight B, editor. *Forensic Pathology*. London: Arnold; 1996:1-49.
18. Council of Europe Committee of Ministers. 1999 Feb 02. Recommendation No R (99) 3 of the Committee of Ministers to Member States on the Harmonisation of Medico-Legal Autopsy Rules URL: http://www.coe.int/T/DG3/Healthbioethic/Texts_and_documents/RecR%2899%293.pdf [accessed 2014-01-04] [WebCite Cache ID 6MN6zchYK]
19. Klein A. Chapter 1.8: Sektionstechnik. In: Brinkman B, Madea B, editors. *Handbuch gerichtliche Medizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin; 2004.
20. Google. Google Glass: Frequently Asked Questions-Tech Specs URL: https://support.google.com/glass/answer/3064128?hl=en&ref_topic=3063354 [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLscCTn0]
21. The Gimp Documentation Team. GNU Image Manipulation Program User Manual. Chapter 8: The Colors Menu URL: <http://docs.gimp.org/en/gimp-layer-white-balance.html> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLrssl4]
22. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin* 1945;1(6):80-83.
23. Mann HB, Whitney DR. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann Math Statist* 1947 Mar;18(1):50-60. [doi: [10.1214/aoms/1177730491](https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491)]
24. Koch GG. Intraclass correlation coefficient. In: Kotz S, Johnson NL, editors. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 4th edition. New York: John Wiley & Sons; 1982:213-217.
25. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979 Mar;86(2):420-428. [Medline: [18839484](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18839484/)]
26. Brooke J. SUS: A "quick and dirty" usability scale. In: Jordan PW, Weerdmeester B, Thomas A, McClelland IL, editors. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis; 1996:107-114.

27. Hassenzahl M, Burmester M, Koller F. Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de. In: Brau H, Diefenbach S, Hassnezahl M, Koller F, Peissner M, Röse K, editors. Usability Professionals. Stuttgart: German Chapter der Usability Professionals Association; 2008:78-82.
28. Mobile Medical Applications: Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff. Rockville, MD: US Food and Drug Administration; 2013 Sep 25. URL: <http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM263366.pdf> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLs7ynFS]
29. Albrecht UV. Transparency of health-apps for trust and decision making. J Med Internet Res 2013 Dec;15(12):e277 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.2981](https://doi.org/10.2196/jmir.2981)] [Medline: [24449711](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24449711/)]
30. Honan M. Wired. 2013 Dec. I Glasshole: My Year With Google Glass URL: <http://www.wired.com/gadgetlab/2013/12/glasshole/> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLsOJ5jc]
31. Albrecht UV, von Jan U, Sedlacek L, Groos S, Suerbaum S, Vonberg RP. Standardized, App-based disinfection of iPads in a clinical and nonclinical setting: comparative analysis. J Med Internet Res 2013;15(8):e176 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.2643](https://doi.org/10.2196/jmir.2643)] [Medline: [23945468](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23945468/)]
32. Vallurupalli S, Paydak H, Agarwal SK, Agrawal M, Assad-Kottner C. Wearable technology to improve education and patient outcomes in a cardiology fellowship program - a feasibility study. Health Technol 2013 Oct 11;3(4):267-270. [doi: [10.1007/s12553-013-0065-4](https://doi.org/10.1007/s12553-013-0065-4)]
33. Parslow GR. Commentary: Google Glass: A head-up display to facilitate teaching and learning. Biochem Mol Biol Educ 2014;42:91-92. [doi: [10.1002/bmb.20751](https://doi.org/10.1002/bmb.20751)] [Medline: [24343982](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24343982/)]
34. Dunn J. Edudemic. 2013. The teacher's guide to Google Glass URL: <http://www.edudemic.com/guides/the-teachers-guide-to-google-glass/> [accessed 2014-01-03] [WebCite Cache ID 6MLzFMeqc]
35. Albrecht UV, Folta-Schoofs K, Behrends M, von Jan U. Effects of mobile augmented reality learning compared to textbook learning on medical students: randomized controlled pilot study. J Med Internet Res 2013;15(8):e182 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.2497](https://doi.org/10.2196/jmir.2497)] [Medline: [23963306](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23963306/)]

Abbreviations

- API:** application programming interface
- DSLr:** digital single-lens reflex
- Exif:** exchangeable image file format
- ICC:** intraclass correlation
- IQR:** interquartile range
- Q1:** first quartile
- Q2:** second quartile (median)
- Q3:** third quartile

Edited by G Eysenbach; submitted 05.01.14; peer-reviewed by J Nosta, J Tully, C Dameff, T Aungst; comments to author 27.01.14; revised version received 31.01.14; accepted 02.02.14; published 12.02.14

Please cite as:

*Albrecht UV, von Jan U, Kuebler J, Zoeller C, Lacher M, Muensterer OJ, Ettinger M, Klintschar M, Hagemeyer L
Google Glass for Documentation of Medical Findings: Evaluation in Forensic Medicine
J Med Internet Res 2014;16(2):e53
URL: <http://www.jmir.org/2014/2/e53/>
doi: [10.2196/jmir.3225](https://doi.org/10.2196/jmir.3225)
PMID: [24521935](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24521935/)*

©Urs-Vito Albrecht, Ute von Jan, Joachim Kuebler, Christoph Zoeller, Martin Lacher, Oliver J Muensterer, Max Ettinger, Michael Klintschar, Lars Hagemeyer. Originally published in the Journal of Medical Internet Research (<http://www.jmir.org/>), 12.02.2014. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in the Journal of Medical Internet Research, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://www.jmir.org/>, as well as this copyright and license information must be included.

Original Paper

Effects of Mobile Augmented Reality Learning Compared to Textbook Learning on Medical Students: Randomized Controlled Pilot Study

Urs-Vito Albrecht^{1*}, Dr med, MPH; Kristian Folta-Schoofs^{2*}, Dr rer nat; Marianne Behrends^{1*}, Dr rer biol hum; Ute von Jan^{1*}, Dr rer biol hum

¹PL Reichertz Institute for Medical Informatics, Hannover Medical School, Hannover, Germany

²Institute of Psychology, University of Hildesheim, Hildesheim, Germany

*all authors contributed equally

Corresponding Author:

Urs-Vito Albrecht, Dr med, MPH
PL Reichertz Institute for Medical Informatics
Hannover Medical School
Carl-Neuberg-Str 1
Hannover, 30625
Germany
Phone: 49 511532 ext 3508
Fax: 49 5115322517
Email: albrecht.urs-vito@mh-hannover.de

Abstract

Background: By adding new levels of experience, mobile Augmented Reality (mAR) can significantly increase the attractiveness of mobile learning applications in medical education.

Objective: To compare the impact of the heightened realism of a self-developed mAR blended learning environment (mARble) on learners to textbook material, especially for ethically sensitive subjects such as forensic medicine, while taking into account basic psychological aspects (usability and higher level of emotional involvement) as well as learning outcomes (increased learning efficiency).

Methods: A prestudy was conducted based on a convenience sample of 10 third-year medical students. The initial emotional status was captured using the "Profile of Mood States" questionnaire (POMS, German variation); previous knowledge about forensic medicine was determined using a 10-item single-choice (SC) test. During the 30-minute learning period, the students were randomized into two groups: the first group consisted of pairs of students, each equipped with one iPhone with a preinstalled copy of mARble, while the second group was provided with textbook material. Subsequently, both groups were asked to once again complete the POMS questionnaire and SC test to measure changes in emotional state and knowledge gain. Usability as well as pragmatic and hedonic qualities of the learning material was captured using AttrakDiff2 questionnaires. Data evaluation was conducted anonymously. Descriptive statistics for the score in total and the subgroups were calculated before and after the intervention. The scores of both groups were tested against each other using paired and unpaired signed-rank tests. An item analysis was performed for the SC test to objectify difficulty and selectivity.

Results: Statistically significant, the mARble group (6/10) showed greater knowledge gain than the control group (4/10) (Wilcoxon $z=2.232$, $P=.03$). The item analysis of the SC test showed a difficulty of $P=0.768$ ($s=0.09$) and a selectivity of $RPB=0.2$. For mARble, fatigue ($z=2.214$, $P=.03$) and numbness ($z=2.07$, $P=.04$) decreased with statistical significance when comparing pre- and post-tests. Vigor rose slightly, while irritability did not increase significantly. Changes in the control group were insignificant. Regarding hedonic quality (identification, stimulation, attractiveness), there were significant differences between mARble (mean 1.179, CI -0.440 to 0.440) and the book chapter (mean -0.982 , CI -0.959 to 0.959); the pragmatic quality mean only differed slightly.

Conclusions: The mARble group performed considerably better regarding learning efficiency; there are hints for activating components of the mAR concept that may serve to fascinate the participants and possibly boost interest in the topic for the remainder of the class. While the small sample size reduces our study's conclusiveness, its design seems appropriate for determining

the effects of interactive eLearning material with respect to emotions, learning efficiency, and hedonic and pragmatic qualities using a larger group.

Trial Registration: German Clinical Trial Register (DRKS), DRKS-ID: DRKS00004685; https://drks-neu.uniklinik-freiburg.de/drks_web/navigate.do?navigationId=trial.HTML&TRIAL_ID=DRKS00004685.

(*J Med Internet Res* 2013;15(8):e182) doi:[10.2196/jmir.2497](https://doi.org/10.2196/jmir.2497)

KEYWORDS

problem-based learning; cellular phone; education; medical; emotions

Introduction

Mobile Augmented Reality (AR) offers valuable learning opportunities and may have the potential to significantly improve the learning environment and the attractiveness of the learning process. Mobile AR blended learning environments offer a new level of experience for learners, especially in areas such as forensic medicine where ethical constraints may have to be placed on learning specific subjects in real-life scenarios. For nonmedical education, a number of studies have shown beneficial effects for AR-supported study modules. Many of these make use of AR in a mobile setting [1,2]. If used appropriately, this allows users to “immerse” themselves in the subject at hand [3] and to become involved in their own learning process.

Although there are a number of projects that integrate mobile AR for basic science education, for example, for middle-school or high-school students—and some of these also touch on subjects related to medicine [4]—projects employing such concepts for basic medical education are still rare. Regarding medicine in general, AR-based applications have so far been put to use mostly for supporting diagnostic or therapeutic purposes [5,6]. Other projects provide more or less complex simulations, such as for surgical training [7]. Although these approaches generally use Augmented Reality for complex scenarios, they all have in common that the technology is used in a stationary way that—even when used for educational purposes—keeps the users emotionally detached from the subject at hand. Often, they only serve to teach physicians about the use of specific tools, such as laparoscopic tools [7], or diagnostic methods, where a certain distance to the patient would be kept even in real-life scenarios. Although such projects certainly enhance learning by giving users experiences they would otherwise not be able to have, the aforementioned stationary AR-based diagnostic and training applications also usually do not allow full immersion of the users into the learning experience. They do not make them an integral part of the learning experience, for example, by projecting the learning content on the learner’s body and thus potentially evoking emotional responses in them that might have an additional influence on the learning process.

The current paper describes a methodological approach and study design that can be used for the purpose of measuring basic cognitive and emotional factors that must be dealt with when integrating AR-based mobile applications into medical teaching. To allow experimental testing of the aforementioned approach and study design, a mobile AR-based prototype app (mARble) was developed that can serve to provide medical students and

their educators with a versatile mobile learning environment, making it possible to simulate situations that are either ethically problematic or only rarely encountered in real life [8-11]. This prototype included content for forensic medicine. Education in this field often suffers from specific cases either being unavailable or unusable due to ethical restrictions, since—especially when dealing with survivors of a crime—additional traumatization must be strictly avoided.

In the context of this mobile learning environment, the mobile device serves to meet two basic demands for almost realistic wound pattern simulations. First, it is a portable and highly capable multimedia device, making it an ideal choice for using the technology in various learning situations. Second, through its highly advanced features, it even allows for augmented reality in these learning situations. Thus, it becomes possible to provide new, more realistic elements for the learning setting, such as the projection of wound patterns on the skin of the students, and to possibly provide a new learning experience. Using such an approach, the learners themselves become objects in their own learning process. Thus, they may more easily identify themselves with their role as a patient or an assault victim.

So far, little is known about the impact of mobile AR applications on the learner during the learning process. It is still unclear which emotions and cognitive effects are provoked in the recipient due to a higher level of realism combined with a very personal experience in a simulated setting. According to Edelmann [12], emotions may have an influence on various aspects of learning. When an individual processes information, facts are attributed with “subjective significance” based on the triggered emotions and thus become a part of that individual’s interpretative system. Depending on the perceived success or failure of the learning process, for example, determined by exams, this can also have an effect on an individual’s subjective well-being [13]. In general, emotions that are evoked while learning are not only important when considering single individuals. They also have a big influence on the communication processes within groups of learners as well as with their teachers and are thus one of the key factors for overall learning success.

When taking a closer look at the significance of emotions on the learning process, a number of important questions arise: How can emotions be classified? How can their effects and benefits for the learning process be reliably quantified? In literature, there is currently no uniform scheme that sufficiently covers all of these aspects. This is additionally complicated by the fact that the impact of emotions also depends on the sociocultural context [14]. Another problem is that it is hard to

differentiate emotional aspects from related psychological concepts such as “motivation” [13]. The influence of certain emotions on the success of specific learning methods, for example, if someone is in favor of authoritative or more liberal teaching methods, may also depend on an individual’s ideological perspective [13]. When trying to describe emotions, subjective assessments must also be taken under consideration since terms such as “disgust”, “modesty”, “fear”, or “insecurity” may not always describe the exact same emotions for different individuals. It is also difficult for people to quantify their emotions exactly since emotions are regularly perceived on an instinctive, subjective, and nonverbal level.

For the purpose of the current paper, three core dimensions were identified for the evaluation of our AR-based learning environment, specifically to be able to confirm our expectations that emotional involvement during the learning process as well as learning efficiency for students learning with mobile augmented reality rise compared to those using only textbooks.

The first dimension was defined as learning effectiveness, which quantifies the influence of a learning method on the acquisition of knowledge. It was of special interest to investigate whether an improvement in knowledge is possible by means of training based on a specific learning method. The second dimension deals with the learning experience itself. This includes the usability of the provided material (practicability), the user’s identification with the learning method, the stimulation it provides, as well as its attractiveness for students and educators. The third dimension that was identified as having an influence on learning success, as indicated above, is emotion. There may be a change in the emotional status of learners after using a certain learning method. This could speak to an additional emotional involvement that may be due to the chosen learning method, for example, additional realism when using modern tools and applications that integrate augmented reality. The students become their own learning subjects, which offers a chance for experiencing an additional layer of learning: potential personal involvement.

Methods

Participants

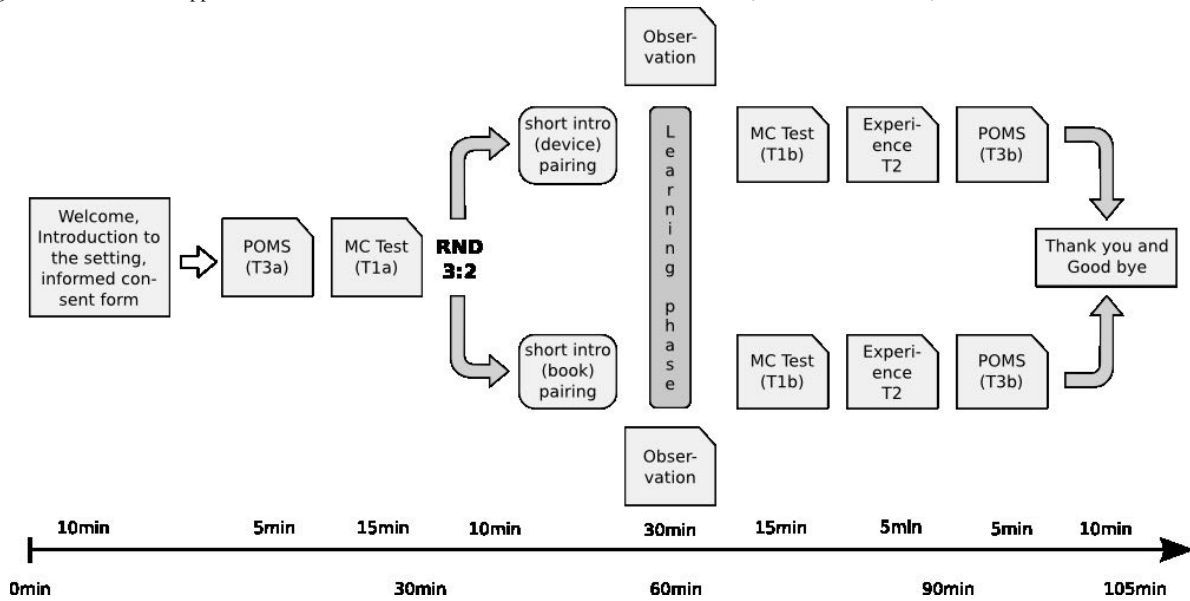
Ten third-year medical students (6 male, 4 female, mean age: 23.7 years, standard deviation: 2 years) were included in the pre-study after giving their informed consent to participate in the trial. The students had not previously participated in any regular courses dealing with the learning topic presented during the trial. Since all participants had already completed the mandatory curriculum of medical informatics, where, aside from theoretical knowledge, they were also introduced to practical aspects of using computers, it was assumed that all of them had attained at least a basic level of computer literacy.

The study was approved by the Institutional Review Board of Hannover Medical School, (ID: 1653-2012).

As shown in [Figure 1](#), to measure the emotional state of the students before the training session, all students were asked to fill out the German variation of the “Profile of Mood States” (POMS) questionnaire within a period of 5 minutes (T3a). To establish a baseline with respect to a priori knowledge of the learning topic, a 10-question standard multiple choice test about “gunshot wounds” (T1a) was given to the students, which they were asked to complete within 15 minutes. After the initial testing, the students were randomly assigned to two subgroups, named group A (6 students) and group B (4 students). Group B participated in the conservative learning situation, finding themselves in a quiet room and reading a 10-page excerpt from a standard textbook in forensic medicine [15] about “gunshot wounds”. The students were instructed to read and learn about the topic using the textbook material for a learning period of 30 minutes. While learning, they were allowed to use additional supplies such as pencils, pens, and paper to take notes and highlighters to work in the provided copies of the text material. Also, the students were free to discuss the learning topics and were specifically instructed to interact freely with other participants in their group. After 30 minutes, the students were again asked to complete the previous standard multiple choice tests comprising 10 questions (T1b). During the tests, the participants were not allowed to refer to the textbook material or their notes; they were given 15 minutes to complete the test (10 questions, 90 seconds for each answer). Afterwards, the students were asked to provide information about their learning experience (T2, 10 minutes). The POMS (T3b) questionnaire was administered to determine their emotional state after the training session. During the trial, a member of the study personnel was placed in the same room for direct observation (T4) and also to provide feedback to the students if necessary. At the end, the study participants were thanked and invited to come back on another day if they wished to try out mARble.

Group A joined the interventional arm of the trial. The group was divided into 3 pairs and each subgroup received an iPhone 4, on which the app “mARble Forensics” had already been installed, and a set of 3 paper markers. After a short greeting and introduction to the application, working with the provided markers and the learning task, the 3 pairs of students were directed into the corners of another quiet room, away from group B. The task was to learn about “gunshot wounds” using the provided iPhone and the preinstalled mARble application. The information in the mARble application contained all information relevant for later solving the multiple choice test. After 30 minutes, the students of group A had to solve the same tests as those in group B (T1b), including the multiple choice test, a questionnaire about their learning experience (T2), and the POMS questionnaire (T3b) to determine their emotional state. Just as for group B, during the trial, a member of the study personnel stayed with the students of group A for providing feedback and for direct observation (T4). After completion of all tests, participants were thanked and dismissed. The complete timeline of the individual test elements for both groups is shown in [Figure 1](#).

Figure 1. Timeline and applied tests. In the text, individual blocks are referenced via labels (T1a/b, T2, and T3a/b).



Learning Material Provided

The Application

mARble is an iOS application that was developed at the Peter L. Reichertz Institute for Medical Informatics (PLRI) at the Hannover Medical School. Using AR, virtual information can be linked to objects in the real environment, thus providing an additional layer of information to the users [10]. Code and content for mARble are kept separately. Information can easily be edited or added based on an XML-based file format. The content for the forensic module of mARble used during the course of our study was derived from and corresponded to the textbook-based learning material that was provided to the group of learners belonging to the “conventional” learning group.

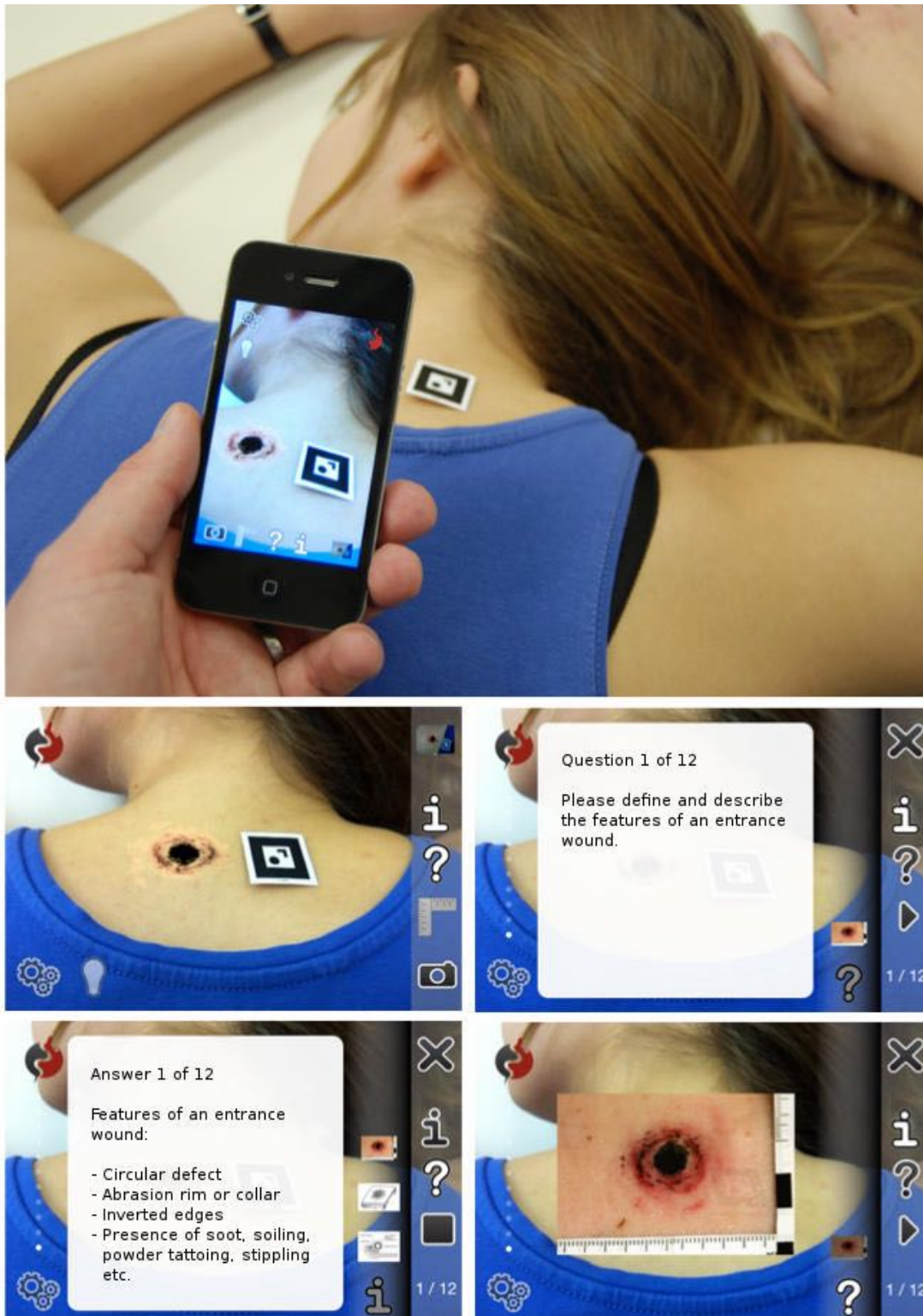
Based on this module, mARble was able to detect and interpret predefined markers representing various pathologies commonly found in forensic medicine. Each marker corresponded to a wound pattern that the students were expected to explore. When placing a marker on the student’s body, for example, on the neck, the image acquired by the iPhone’s camera was automatically overlaid with the corresponding wound pattern, such as the entrance wound of a bullet, as seen in Figure 2. Through the virtual flashcard system included in mARble, it

was also possible to view textual and multimedia background information (ie, images, drawings, video, and audio) linked to the current marker and work with the provided questions and tasks (Figure 2). Through the described approach, learners were able to construct various fictive cases by combining markers for the desired set of findings. The learning process could be documented by adding snapshots of the augmented image to a personal image gallery. Previously taken snapshots and findings could be used for review, for discussions with fellow students, or presentation purposes. When reviewing an image, it was also possible to trigger the corresponding background information as well as associated questions and tasks. Using their iPhone, students were able to examine the provided wound patterns either on themselves or on their partner; thus, they could easily immerse themselves in the learning topic.

The Conventional Learning Material

We chose the 10-page chapter “gunshot wounds” of a popular short compendium of forensic medicine in Germany [15] as learning material for group B. The textbook is very well-equipped with color and black/white pictures, schemes, and tables, as well as small repetitive summaries in colored boxes. Roughly 50% of the material consists of images and drawings.

Figure 2. The mobile Augmented Reality blended learning environment with the module “Forensic Medicine”: AR simulation of a gunshot wound and connected multimedia content.



Overall Learning Experience: Evaluation Tools

Learning Success: Multiple Choice Test (T1a, T1b)

A paper-based test consisting of 10 questions with single choice answers was used to measure the learning effectiveness. The questions and related answers were collected from a pool of material compiled by a member of the staff of the forensic medicine department. Before the trial, two members of the staff evaluated the multiple choice questionnaire with respect to comprehensibility, solvability, and time consumption. Beforehand, both the textbook extracts as well as the content provided in mARble were reviewed to determine whether the content necessary for answering all questions was sufficiently covered. Also, an item analysis before and after the learning period was conducted to take into account test difficulty (p), item discrimination (RPB), and item selectivity.

Statistical Analysis

To determine learning effectiveness (T1a and T1b), descriptive statistics were calculated, including the mean, standard deviation (SD), and mean for the score in total and the subgroups, before and after the intervention. In a noninferiority design (unpaired rank sum, Mann-Whitney U, 2-sided, Cronbach alpha=.05), the scores reached by learning with mARble were tested against the scores achieved when using the classical learning material. The calculation of T1a and T1b was based on the sum of the item values. All questionnaires were included. Those with one missing item per scale were corrected with the scale mean.

Learning Experience (T2): AttrakDiff2

Over the past few years, “user experience” has become an important factor for the acceptance of all technical innovations. Nevertheless, only vague definitions exist and there are many unanswered questions concerning the factors contributing to a good user experience [16]. Hassenzahl et al [17-19] designed a model that classifies the attributes necessary for describing products according to their pragmatic or hedonic quality and can thus be employed to describe the subjective attractiveness. This experience design concept was integrated into the test design. Following Hassenzahl’s theoretical work model, the pragmatic and hedonic qualities of an application influence a user’s subjective perception of attractiveness, resulting in respective behavioral and emotional responses. In this context, hedonic quality describes the emotional impact of a product or system, while measuring pragmatic quality offers insights into its usability or usefulness [20].

AttrakDiff2 [19] was developed as a tool by Hassenzahl’s research group to be able to quantify these qualities. The tool uses 4x7 anchor scales, in total 28 questions. The anchors are presented in the form of semantic differentials and a 7-point Likert scale is employed for rating the intensity of the items. The poles of each item are opposite adjectives (eg, “confusing-clear”, “unusual-ordinary”, “good-bad”). Each of the mean values of an item group creates a scale value for pragmatic quality (PQ), hedonic stimulation (HQ-S), hedonic identification (HQ-I), and attractiveness (ATT).

Attributes in the PQ group describe how easy the user finds it to work with the provided program or environment. Pairs of

words belonging in this group are for example “technical vs human”, “complicated vs simple”, or “impractical vs practical”.

Attributes belonging to HQ-S describe factors that encourage the personal growth of users and provide stimulation to give them the opportunity to enhance their knowledge and development. Stimulating factors can be delivered in many different ways, such as by presenting things in a novel way or by providing a new interaction style. Anchors for hedonic stimulation include attributes such as “professional vs unprofessional”, “stylish vs tacky”, or “isolating vs connective”.

The attributes falling into the HQ-I category make it possible to identify the social impact that using a product can have for users, including the “messages” that are communicated by using the evaluated product [20]. Anchors belonging in this group are, for example, “ordinary vs novel”, “conservative vs innovative”, or “undemanding vs challenging”.

Last, the attributes of the ATT group depict the overall experience a product has to offer to its users, that is, its attractiveness. Contributing attributes are, for example, “pleasant vs unpleasant”, “ugly vs attractive”, or “appealing vs unappealing”.

Statistical Methods

A Mann-Whitney U test for independent random sampling (Cronbach alpha=.05) was conducted to discriminate a possibly significant difference within the categories. Overall scores for the individual 28 attributes as well as aggregated values for each category were obtained by calculating the average values of the ratings provided by the users. To better visualize the relationship between pragmatic and hedonic qualities, the values calculated for PQ are shown on one axis and the values for HQ-I as well as HQ-S on the other axis. Combined with the confidence interval (CI) for each value, the values obtained for the ratings allow a clear differentiation between students using text-based learning or mARble.

Emotional Involvement (T3a+T3b): POMS Questionnaire, German Version

To measure the emotional state and possible psychological distress before (T3a) and after (T3b) the learning phase, we asked all students to answer the German variation of the POMS questionnaire by McNair et al [21]. This version, modified by Biehl, Dangel, and Reiser [22], consists of 35 items (adjectives) that can be divided into 4 groups describing mood disturbances, including fatigue-inertia (14 items), vigor-activity (7 items), tension-anxiety (7 items), and depression-dejection (7 items). Participants rated each item on a 7-point rating scale according to the experienced intensity (eg, “not at all”, “very little”, “a little”, “somewhat”, “fairly”, “strongly”, “very strongly”) of the corresponding mood disturbance. The triggering question was formulated as: “How do you rate your current emotional state?”

The study participants were asked to finish the survey in approximately 5 minutes. Internal consistency estimates range between Cronbach alpha=.89 and Cronbach alpha=.95 [23]. We decided to use this instrument due to its known validity and its broad usage in medical [24-26] and psychological [27] disciplines.

Direct Observation of the Participants (T4)

To be able to extensively evaluate the learning situation, observations were included in the study design. A nonparticipant observation was chosen for data collection. During the trial, the behavior of participants from both groups was observed by trained personnel. The observers, all having at least 5 years of experience teaching at a university level, were required to focus on a priori defined criteria of learning behavior as the primary basis for organizing and reporting results. Notes of additional observations of any kind were allowed and were used for further qualitative analysis. The development of observation criteria referred to statements of Schulmeister [28] on learning psychology-based factors of virtual teaching and learning, where the importance of social presence in learning settings is emphasized.

This well-known classification provided the basis for observing both groups in order to examine possible differences in participants' learning behavior. According to this classification, the following observation criteria have been selected: (1) student's communication and interactivity with peers, (2) student's focus on or distraction from the learning material, and (3) the way the student dealt with the learning object (learning material).

Results

Learning Success: Multiple Choice Test (T1a, T1b)

Comparing the results of the multiple choice tests before and after the learning period, on average, all participants showed an improvement regarding correct answers (Figure 3). Stratified for the learning method, the improvement was higher in the

mARble group with 4.7 questions (SD 2.9) compared to the control group showing an improvement of 3 questions, but also with smaller variability (SD 1.5). The difference in improvement within the mARble group was statistically significant (Wilcoxon, $z=2.232$, $P=.03$). The multiple choice test difficulty was calculated with $P=0.768$ (SD 0.09) with an item discrimination of $RPB=0.2$.

Learning Experience (T2): AttrakDiff2

Statistical analysis revealed significant differences between the mARble and the textbook groups (Table 1) for the hedonic qualities, HQ-S "stimulation" (Mann-Whitney U, $z=6.506$, $P<.001$), HQ-I "identification" (Mann-Whitney U, $z=2.825$, $P=.005$), and ATT "attractiveness" (Mann-Whitney U, $z=5.179$, $P<.001$). mARble obtained more positive ratings. The confidence interval (CI) for the hedonic quality of the mARble group was smaller than for the textbook group (Figure 4), since mARble's users were more consistent in their evaluation; therefore, mARble's ratings were applied with greater certainty. When comparing the values for pragmatic quality, the textbook group performed better than the mARble group, although this difference is not statistically significant (Mann-Whitney U, $z=-1.616$, $P=.11$). However, for the identity aspect of hedonic quality, the mARble group performed significantly better than the textbook group (Mann-Whitney U, $z=2.825$, $P=.005$). Furthermore, considering the hedonic quality "stimulation", participants in the mARble group performed much better than the textbook group (Mann-Whitney U, $z=6.506$, $P<.001$). This resulted in a difference in participants' ratings of attractiveness (Mann-Whitney U, $z=5.179$, $P<.001$), with mARble again receiving better ratings (Figures 4 and 5). Figure 6 describes the profile of the mean values and standard deviations for the word pairs stratified for the learning methods.

Figure 3. Number of incorrectly and correctly answered questions before (left) and after (right) the learning period.

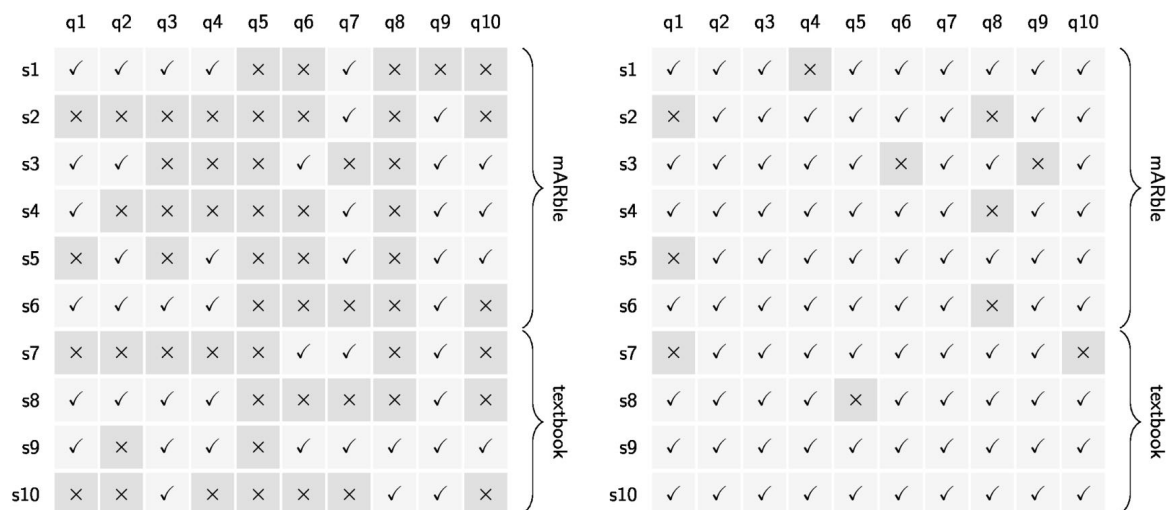


Table 1. Aggregated values calculated for the 4 qualities covered by AttrakDiff2: pragmatic quality (PQ), identification (HQ-I), stimulation (HQ-S), and attractiveness (ATT).

Group	PQ, mean (SD)	HQ-I, mean (SD)	HQ-S, mean (SD)	ATT, mean (SD)
A: mARble (n=6)	0.381 (1.168)	0.9048 (0.932)	1.452 (1.087)	1.24 (0.726)
B: textbook (n=4)	0.857 (1.758)	-0.143 (1.780)	-1.821 (1.39)	-0.57 (1.451)

Figure 4. Portfolio with average values of the dimensions PQ and HQ and the respective confidence rectangles of A (mARble) and B (textbook) on left, modified following Hassenzahl et al; corresponding values on right.

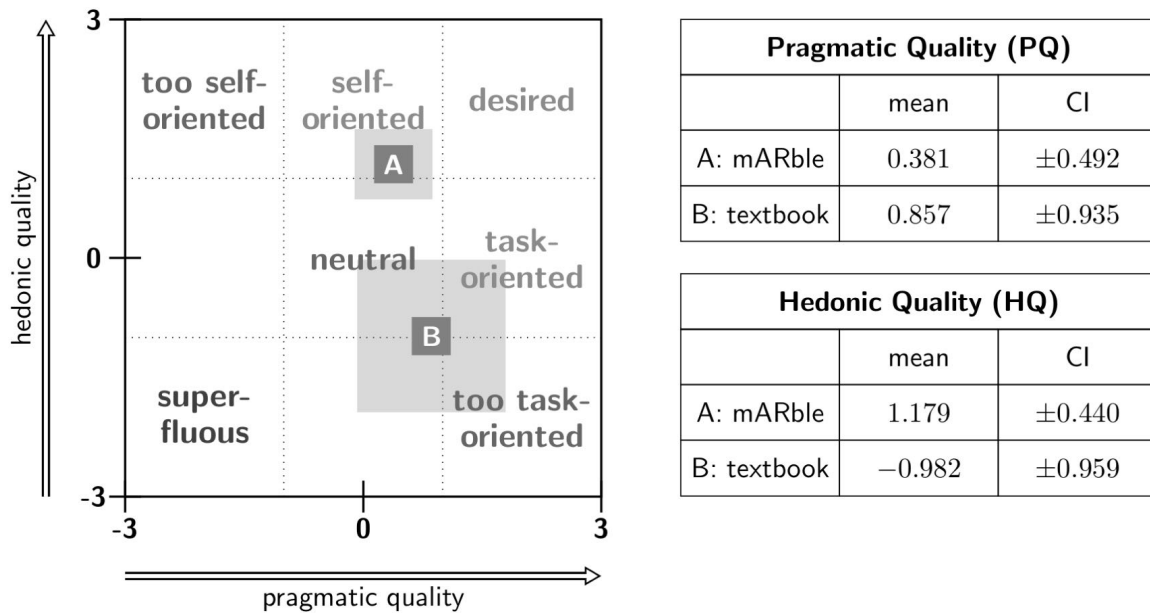


Figure 5. Average values for pragmatic quality (PQ), hedonic quality – identification (HQ-I), hedonic quality – stimulation (HQ-S), and attractiveness (ATT), based on evaluation of the AttrakDiff2 questionnaire (solid line: mARble group (6/10); dashed line: textbook group (4/10)).

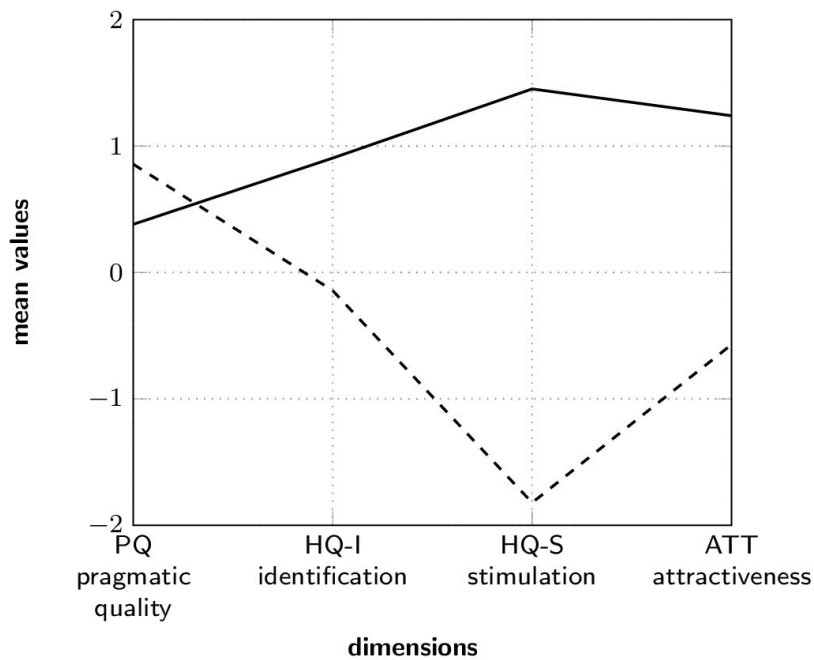
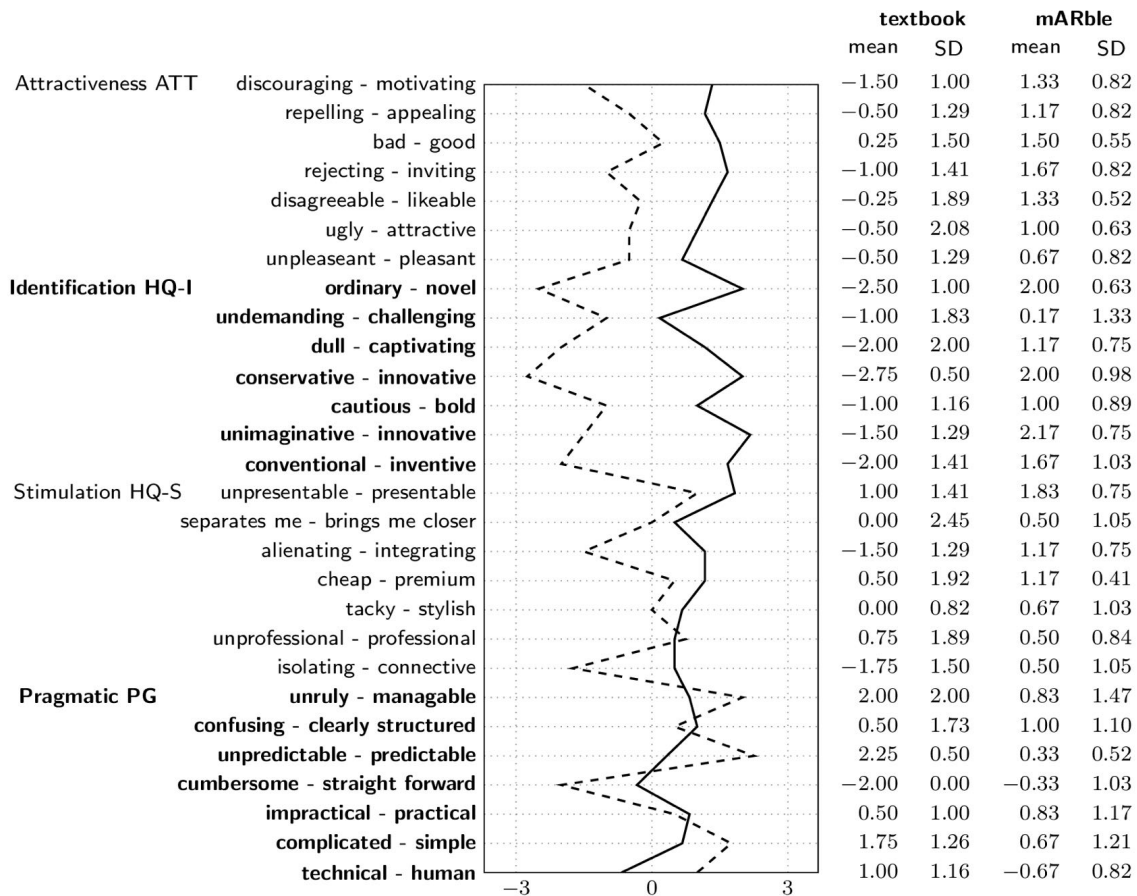


Figure 6. Description of word-pairs and calculated values: comparison between mARble (solid line) and the textbook material (dashed line).



Emotional Involvement (T3a+T3b): POMS Questionnaire, German Version

In our study, POMS was used to measure a change in the emotional state change before and after learning. The answers according to the dimensions numbness, fatigue, vigor, and irritability are shown in Table 2 and visualized in Figure 7 and were aggregated from the item values recorded for both groups of participants. A comparison of pre- and post-test values (Figure 7) showed a statistically significant decrease of fatigue ($z=2.214, P=.03$) and numbness ($z=2.07, P=.04$) for the mARble group; vigor increased slightly. Irritability did not change significantly ($z=1.166, P=.24$). The control group did not show significant changes on any of the variables.

Direct Observation of the Participants (T4)

Group A: mARble

Nonparticipant observations of the two groups showed a highly heterogeneous pattern of results. Group A (alternative learning method mARble) comprised 6 participants (P1-6) that were assigned to one of three subgroups (SG1 to SG3). In the beginning of the learning phase, all students explored the functionality of the mARble app on the iPhones. They used the marker and tried to get the picture of the linked object on their iPhone display. There was one group consisting of male

participants, one with female participants, and one mixed group. Both same-sex groups showed a high level of interaction, placing the markers on their bodies, discussing the content, and taking notes. Although the mixed group also interactively used and discussed the content, they refrained from placing the markers on their skin, instead simply placing them on the table.

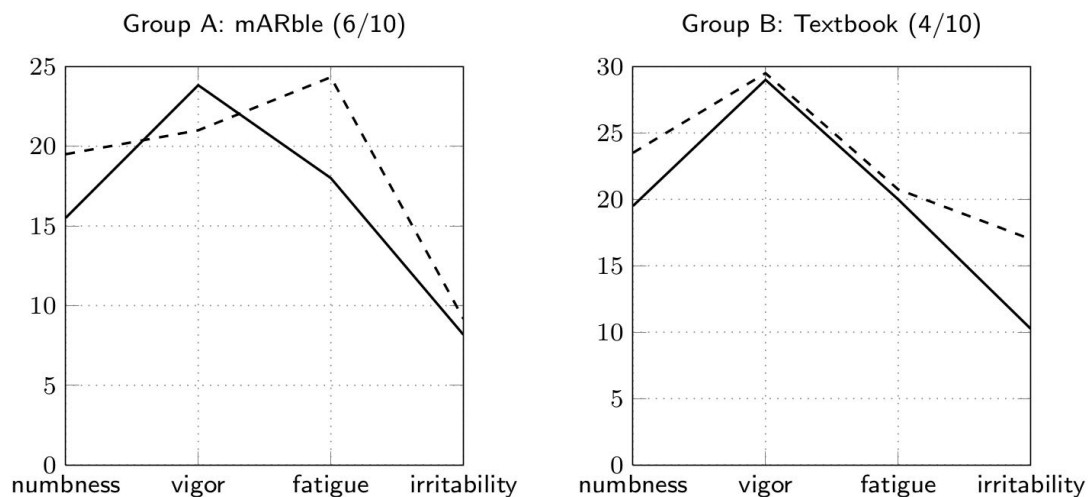
Group B: Textbook

Group B (conservative learning method) consisted of 4 participants (P1-P4) being paired and assigned to two subgroups (SG1: male, male; SG2: female, male). All participants were instructed to learn in their usual manner, but also asked to discuss the text material with their learning partner and with the whole group if they desired. Still, there were almost no dialogues with either the whole group or between the members of SG1 or SG2. From the beginning of the learning phase, all participants worked in a focused and concentrated manner, and read the text quietly. There were only very short interruptions: two participants briefly talked to each other and there was one distraction due to disruptive environmental influences. Only near the end of the learning phase was there some exchange between the participants. This did not exclusively relate to the learning content but also encompassed private matters. Further kinds of interactivity (other than communication) did not take place. The way students had worked with the text could be tracked by looking at what they had highlighted or underlined.

Table 2. Aggregated values for numbness, vigor, fatigue, and irritability.

Group	Phase	Dimensions			
		Numbness, mean (SD)	Vigor, mean (SD)	Fatigue, mean (SD)	Irritability, mean(SD)
A: mARble (n=6)					
	pre	19.5 (4.637)	21.0 (4.561)	24.33 (3.204)	9.17 (2.041)
	post	15.5 (3.209)	23.83 (9.326)	18.0 (4.147)	8.17 (1.472)
B: textbook (n=4)					
	pre	23.5 (2.887)	29.5 (9.037)	20.75 (9.570)	17.0 (5.944)
	post	19.5 (4.041)	29.0 (7.616)	20.0 (7.528)	10.25 (3.594)

Figure 7. Learning affection: pre-test (dashed line) and post-test (solid line) comparison of the aggregated values for numbness, vigor, and irritability for both groups.



Discussion

Principal Findings

The use of mobile devices, especially when augmented reality comes into the picture, can considerably change the learning experience as well as shift it to an entirely new level [3,29], thereby providing learning experiences that are simply not possible in a conventional learning setting.

For the study, a mobile AR learning environment was developed for almost realistic wound pattern simulations in medical settings, where learners become emotionally involved in their learning process. For us, it was important to determine whether the use of AR-based solutions might trigger negative emotions or irritations in learners: when learning with mARble, by placing the markers representing specific findings on their bodies and viewing the findings on their own skin, they become emotionally involved and a part of the learning process. For the current study, we carefully investigated the emotional and cognitive impact mobile AR applications might have on the learner and the learning process in contrast to a control group of subjects that learned in a conventional medical learning environment. Since emotional reactions are often domain-specific [30], the

control group served to make sure that the measured effects were not caused by the content but by the learning medium.

Although our study showed that both learning environments induced significant cognitive improvement with respect to an increased knowledge, in direct comparison, the mARble group performed significantly better.

Regarding pragmatic quality, both methods were given average ratings. While mARble’s user interface was interpreted as fairly self-oriented, the textbook was rated as rather task-oriented. Nevertheless, mARble is much more attractive to its users. The ratings also point to a significant stimulation offered by mARble. Solely in terms of pragmatic quality, the textbook material was located in the above-average region. It meets ordinary standards with regard to hedonic quality–identity. For hedonic quality–stimulation, the textbook is located in the below-average region. It does not have a stimulating effect on users. Insufficient stimulation results in a lack of motivation when using the product. Should products of similar pragmatic quality be available, users would gladly change products. The attractiveness value is located in the average region. The overall impression of the product is moderately attractive.

In comparison to the textbook material, mARble obtained better ratings with respect to vigor; its users were less fatigued after

using mARble. There was no indication of irritating properties for either of the two learning methods. Similarly, during observation, the participants showed no signs of emotional irritation. Nonetheless, the different behavior of the participants in the two groups suggests that learning with mARble and using markers on the body might provoke emotions such as shame or shyness. The participants in the gender-mixed groups did not use the markers directly on their skin but only on the table's surface. However, these aspects require further investigation.

Limitations

It might be argued whether the observed results were due to the medium, textbook vs mARble, or rather due to the chosen approach, individual learning vs social interaction. Both factors are probably closely interrelated. For example, for the control group learning with the textbook material, discussion and interaction between the participants was not prohibited in any way; rather, students were specifically asked to interact with other members of their learning group if they desired. Although they sat close to each other, they chose individual learning instead of social interaction. However, due to the limited number of participants in this prestudy, we refrained from specifically using separate groups for testing both textbook and mARble in individual learning sessions as well as in an interactive way, and instead let the participants choose what suited them best.

Nevertheless, the effects of both learning approaches cannot be completely separated from the effects of the chosen learning material. Even if students learning with textbooks were to choose social interaction during their learning phase, they would still need time periods to read the material. On the other hand, with AR-based approaches, they can collaboratively use the presented material by listening to the content, looking at overlaid images and additional material right away, which encourages social interaction. Still, the possible bias of the results we

achieved by direct comparison between the textbook-based learning, which is assumed to be an individual learning method when the students are not explicitly ordered to collaborate vs the AR-based learning, where we expected a more collaborative learning process by deploying one device to each pair of students, remains a limitation of the presented study. An upcoming study should consider this and take the effects of social interaction or missing interaction during the learning process into account, for example by using individual as well interactive setups for both textbook-based and AR-based learning and comparing the results not only between the learning methods themselves but also between collaborative as well as individual learning settings for both methods.

Additionally, the multiple choice questions used for rating the students' performance should be selected more carefully. When looking at the results of the item analysis of the multiple choice questions, it became clear that the item difficulty and item discrimination of the questions used during the presented study still had room for improvement. This could, for example, be alleviated by selecting items where the values for these criteria are already known, such as by choosing questions from previously conducted official exams rather than self-developed items.

Conclusions

Although limited by the small sample size, and the limited amount of time and content available, the chosen evaluation setup allowed for certain conclusions regarding the desired factors; a study using a larger group of participants, based on our current study's design, may provide more conclusive results regarding various aspects of interactive mobile learning tools such as mARble in comparison to conventional learning material.

Acknowledgments

We would like to thank Bernhard Häussermann and Felix Strübing for technical support during the development of mARble, Anke Mittelstädt, Christoph Noll for assistance with the photography, and Dr. Jörn Krückeberg for stimulating discussions. Special thanks also go to Prof Dr Herbert Matthies (PLRI) and Prof Dr Michael Klintschar, Institute of Legal Medicine, Hannover Medical School for their effort and expertise while conducting this study. We also acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft for the publication costs. The manuscript was checked against the CONSORT-EHEALTH checklist [31].

Conflicts of Interest

None declared.

References

1. Parhizkar B, Gebiril ZM, Obeidy WK, Ngan MNA, Chowdhury SA, Lashkari AH. Android mobile augmented reality application based on different learning theories for primary school children. In: Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems. 2012 Presented at: Multimedia Computing and Systems (ICMCS), International Conference; May 10-12, 2012; Tangier, Morocco p. 404-408. [doi: [10.1109/ICMCS.2012.6320114](https://doi.org/10.1109/ICMCS.2012.6320114)]
2. Larsen YC, Buchholz H, Brosda C, Bogner FX. Evaluation of a portable and interactive augmented reality learning system by teachers and students. In: Augmented Reality in Education. 2011 Presented at: EDEN - 2011 Open Classroom Conference; October 27 - 29, 2011; Ellinogermaniki Agogi, Athens, Greece p. 41-50 URL: http://www.sctg.eu/materials/sctgo_proceedings_low.pdf [WebCite Cache]

3. Dede C. Immersive interfaces for engagement and learning. *Science* 2009 Jan 2;323(5910):66-69. [doi: [10.1126/science.1167311](https://doi.org/10.1126/science.1167311)] [Medline: [19119219](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19119219/)]
4. Vilkoniene M. Influence of augmented reality technology upon pupils' knowledge about human digestive system: The results of the experiment. *US-China Education Review* 2009;6(1):36-43.
5. Weidert S, Wang L, von der Heide A, Navab N, Euler E. [Intraoperative augmented reality visualization. Current state of development and initial experiences with the CamC]. *Unfallchirurg* 2012 Mar;115(3):209-213. [doi: [10.1007/s00113-011-2121-8](https://doi.org/10.1007/s00113-011-2121-8)] [Medline: [22406917](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22406917/)]
6. Kersten-Oertel M, Chen SS, Drouin S, Sinclair DS, Collins DL. Augmented reality visualization for guidance in neurovascular surgery. *Stud Health Technol Inform* 2012;173:225-229. [Medline: [22356991](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22356991/)]
7. Nugent E, Shirilla N, Hafeez A, O'Riordain DS, Traynor O, Harrison AM, et al. Development and evaluation of a simulator-based laparoscopic training program for surgical novices. *Surg Endosc* 2013 Jan;27(1):214-221. [doi: [10.1007/s00464-012-2423-0](https://doi.org/10.1007/s00464-012-2423-0)] [Medline: [22773232](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22773232/)]
8. von Jan U, Noll C, Behrends M, Albrecht UV. mARble - Augmented Reality in Medical Education. *Biomed Tech (Berl)* 2012;57(Suppl. 1):67-70. [doi: [10.1515/bmt-2012-4252](https://doi.org/10.1515/bmt-2012-4252)] [Medline: [22944785](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22944785/)]
9. Albrecht U, von Jan U, Häussermann B, Krückeberg J, Matthies H. Hands-on mobile Augmented Reality simulations to learn about ethically sensitive topics in medicine through self-experience. Schooling of awareness and understanding. In: *Proceedings of the IADIS International Conference Mobile Learning.: IADIS Press; 2012 Presented at: IADIS International Conference Mobile Learning; March 11-13, 2012; Berlin, Germany p. 447-452.*
10. Albrecht UV, von Jan U, Krückeberg J, Behrends M, Matthies HK. Medical Students Experience the Mobile Augmented Reality Blended Learning Environment mARble – An attractive concept for the Net-generation? In: *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2011): IADIS Press; 2011 Presented at: IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age; March 10-12, 2011; Avila, Spain p. 263-266.*
11. Noll C, von Jan U, Schaft T, Matthies HK, Albrecht UV. Sehen, Fühlen, Erfahren – Rechtsmedizin mit mARble erleben. In: Reiterer H, Deussen O, editors. *Mensch & Computer 2012 – Workshopband: Interaktiv informiert – allgegenwärtig und allumfassend!?. Munich: Oldenbourg Verlag; 2012:241-246.*
12. Edelman W. *Lernpsychologie*. 6th ed. Weinheim: Psychologie Verlags Union; 2000.
13. Götz T, Zirngibl A, Pekrun R, Hall N. Emotions, learning and achievement from an educational-psychological perspective. In: Mayring P, von Rhoeck C, editors. *Learning emotions: the influence of affective factors on classroom learning. Frankfurt: Peter Lang; 2003:9-28.*
14. O'Regan K. Emotion and eLearning. *Journal of Asynchronous Learning Networks* 2003 Sep;7(3):78-92.
15. Madea B. *Praxis Rechtsmedizin: Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*. Heidelberg: Springer; 2006.
16. Isleifsdóttir J, Lárusdóttir M. Measuring the User Experience of a Task Oriented Software. In: *Proceedings of the International Workshop on Meaningful Measures*. Toulouse, France: Institute of Research in Informatics of Toulouse (IRIT); 2008 Presented at: International Workshop on Meaningful Measures; June 18, 2008; Reykjavik p. 27-31 URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.177.7123&rep=rep1&type=pdf#page=29> [WebCite Cache]
17. Hassenzahl M, Burmester M, Koller F. AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: Ziegler J, Szwillus G, editors. *Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung*. Stuttgart: B.G. Teubner; 2003:187-196.
18. Hassenzahl M. The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. *Human-Comp. Interaction* 2004 Dec 1;19(4):319-349. [doi: [10.1207/s15327051hci1904_2](https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_2)]
19. Hassenzahl M, Burmester M, Koller F. Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de. In: Brau H, Diefenbach S, Hassenzahl M, Koller F, Peissner M, Röse K, editors. *Usability Professionals*. Stuttgart: German Chapter der Usability Professionals Association; 2008:78-82.
20. Hartson R, Pardha P. In: Roumeliotis R, Bevans D, editors. *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. Waltham, MA, USA: Morgan Kaufmann (Elsevier); 2012.
21. McNair DM, Lorr M, Droppleman LF. *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Services; 1971.
22. Biehl B, Dangel S, Reiser A. POMS: Profile of Mood States – deutsche Fassung. In: *Collegium Internationale Psychiatriae Scalarum (CIPS)*, editor. *Internationale Skalen für Psychiatrie*. Weinheim: Beltz Test Gesellschaft; 1981.
23. Albani C, Blaser G, Geyer M, Schmutzer G, Brähler E, Bailer H, et al. [The German short version of "Profile of Mood States" (POMS): psychometric evaluation in a representative sample]. *Psychother Psychosom Med Psychol* 2005 Jul;55(7):324-330. [doi: [10.1055/s-2004-834727](https://doi.org/10.1055/s-2004-834727)] [Medline: [15986282](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15986282/)]
24. Pesudovs K, Weisinger HS, Coster DJ. Cataract surgery and changes in quality of life measures. *Clin Exp Optom* 2003 Jan;86(1):34-41. [Medline: [12568649](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12568649/)]
25. Cramer JA, Hammer AE, Kustra RP. Improved mood states with lamotrigine in patients with epilepsy. *Epilepsy Behav* 2004 Oct;5(5):702-707. [doi: [10.1016/j.yebeh.2004.07.005](https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2004.07.005)] [Medline: [15380122](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15380122/)]
26. Crumlish CM. Coping and emotional response in cardiac surgery patients. *West J Nurs Res* 1994 Feb;16(1):57-68. [Medline: [8128669](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8128669/)]

27. Dolbeault S, Cayrou S, Brédart A, Viala AL, Desclaux B, Saltel P, et al. The effectiveness of a psycho-educational group after early-stage breast cancer treatment: results of a randomized French study. *Psychooncology* 2009 Jun;18(6):647-656. [doi: [10.1002/pon.1440](https://doi.org/10.1002/pon.1440)] [Medline: [19039808](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19039808/)]
28. Schulmeister R. Didaktisches Design aus hochschuldidaktischer Sicht – Ein Plädoyer für offene Lernsituationen. In: Rinn U, Meister DM, editors. *Didaktik und Neue Medien. Konzepte und Anwendungen in der Hochschule*. Münster: Waxmann; 2004.
29. Dede C, Barab S. Emerging Technologies for Learning Science: A Time of Rapid Advances. *J Sci Educ Technol* 2009 Aug 13;18(4):301-304. [doi: [10.1007/s10956-009-9172-4](https://doi.org/10.1007/s10956-009-9172-4)]
30. Götz T, Zirngibl A, Pekrun R. Lern- und Leistungsemotionen von Schülerinnen und Schülern. In: Hascher T, editor. *Schule positiv erleben. Erkenntnisse und Ergebnisse zum Wohlbefinden von Schülerinnen und Schülern*. Switzerland: Haupt AG; 2004:49-66.
31. Eysenbach G, CONSORT-EHEALTH Group. CONSORT-EHEALTH: improving and standardizing evaluation reports of Web-based and mobile health interventions. *J Med Internet Res* 2011 Dec;13(4):e126 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.1923](https://doi.org/10.2196/jmir.1923)] [Medline: [22209829](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22209829/)]

Abbreviations

AR: Augmented Reality
mAR: mobile Augmented Reality
mARble: mobile Augmented Reality blended learning environment
PLRI: Peter L Reichertz Institute for Medical Informatics
POMS: Profile of Mood States questionnaire
SC: single choice

Edited by G Eysenbach; submitted 15.12.12; peer-reviewed by C Brack, S Alipour, C Pimmer; comments to author 22.01.13; revised version received 12.06.13; accepted 29.06.13; published 20.08.13

Please cite as:

Albrecht UV, Folta-Schoofs K, Behrends M, von Jan U

Effects of Mobile Augmented Reality Learning Compared to Textbook Learning on Medical Students: Randomized Controlled Pilot Study

J Med Internet Res 2013;15(8):e182

URL: <http://www.jmir.org/2013/8/e182/>

doi: [10.2196/jmir.2497](https://doi.org/10.2196/jmir.2497)

PMID: [23963306](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23963306/)

©Urs-Vito Albrecht, Kristian Folta-Schoofs, Marianne Behrends, Ute von Jan. Originally published in the Journal of Medical Internet Research (<http://www.jmir.org>), 20.08.2013. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in the Journal of Medical Internet Research, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://www.jmir.org/>, as well as this copyright and license information must be included.