

FAKULTÄT FÜR INFORMATIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Bachelorarbeit in Informatik: Games Engineering

**"Freihändige Wunddokumentation" - Ein Konzept
für den Einsatz der HoloLens in der Wunddokumen-
tation**

**"Hands-Free Wound Documentation" - a concept
for the use of the HoloLens in wound documentation**

Bearbeiter: Philipp Reindl-Spanner
Aufgabensteller: Prof. Dr. Helmut Krcmar
Betreuer: Kai Klinker
Abgabedatum:

15.05.2017



Ich versichere, dass ich diese Bachelorarbeit selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Garching b. München, den 15.05.2017

Ort, Datum

Unterschrift

Zusammenfassung

Chronische Wunden stellen heutzutage ein großes Problem in der Pflege dar. Die aktuellen Methoden zur Dokumentation dieser Wunden sind aufwändig und mit großem Zeitaufwand verbunden. Dadurch, dass diese Methoden von der Verwendung von Digitalkameras und Smartphones abhängig sind und die Pflegekräfte diese während der Wunddokumentation mit ihren Händen bedienen müssen, stellen diese ein großes Infektionsrisiko für die Patienten dar. Das Ziel dieser Bachelorarbeit war es, ein Konzept für den freihändigen Einsatz der HoloLens in der Wunddokumentation zu erstellen und zu bewerten. Die HoloLens wurde als Device ausgewählt, da diese nach dem Einschalten ohne Berührung verwendet werden kann und hierdurch eine keimfreie Alternative zu Digitalkameras und Smartphones darstellt. In dieser Bachelorarbeit wurden unter Anwendung der „Design Science Research Method“ (Peffer, Tuunanen, Rothenberger, & Chatterjee, 2007) iterativ Hypothesen zur Verwendung der HoloLens in der Wunddokumentation aufgestellt und mit Pflegekräften überprüft. Die Ergebnisse dieser Experimente zeigten, dass die Probanden durch die Verwendung der HoloLens viel Zeit gegenüber der klassischen Wunddokumentation sparten. Ebenso bewerteten die Probanden die HoloLens als benutzerfreundlicher und mit weniger Arbeitsaufwand verbunden.

Stichworte: Wunddokumentation, freihändig, keimfrei, HoloLens, Augmented Reality, Krankenpflege

Abstract

Chronic wounds represent a significant problem in health care nowadays. Modern methods of wound documentation are complex and time-consuming. Further, as these methods require the use of digital cameras and smartphones which need to be operated by nurses during the process of wound documentation, a high risk of infection of the patients is likely. The primary aim of this bachelor thesis was to provide and evaluate a concept for free-handed usage of the HoloLens in wound documentation. The HoloLens was chosen as device since – apart from activation – it can be used free-handed and therefore represents an abacterial alternative to digital cameras and smartphones. In this bachelor thesis, iterative hypotheses for the use of the HoloLens in wound documentation were established and reviewed with nurses by using the „Design Science Research Method“ (Peffer et al., 2007). The results of these experiments showed that the probands saved time by using the HoloLens instead of classic wound documentation. In addition, the HoloLens was perceived as user-friendly and operable with less effort than other devices.

Keywords: Wound documentation, free-handed, abacterial, HoloLens, Augmented Reality, health care

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Problemstellung	1
Zielsetzung der Bachelorarbeit	1
Literaturrecherche	2
RELATED WORKS.....	3
ERGEBNISSE LITERATURRECHERCHE	6
Methoden	6
MODELLIERUNG WUNDDOKUMENTATIONSPROZESS	7
EVALUATION DER EXPERIMENTE	7
Wunddokumentation	8
RECHTLICHE ASPEKTE	8
ZIEL DER WUNDDOKUMENTATION.....	9
ABLAUF WUNDDOKUMENTATION	9
<i>Gestaltung des Raumes und Vorbereitung des Patienten</i>	12
<i>Wundreinigung</i>	13
<i>Fotodokumentation</i>	13
<i>Nachbereitung des Patienten</i>	15
<i>Nachbereitung der Wunddokumentation am Computer</i>	15
<i>Andere Formen der Nachbereitung der Fotodokumentation</i>	17
ZUSAMMENFASSUNG	17
HoloLens	18
<i>Warum die HoloLens?</i>	18
Design der Paper-Prototypen	19
(A) PAPER-PROTOTYP 1: FINGER ALS DISTANZMESSUNG	19
(B) EXPERIMENT 1: ANFORDERUNGSERHEBUNG FÜR PAPER-PROTOTYP MIT EINSATZ DER FINGER	22
<i>Ergebnisse Experiment 1</i>	22
(C) PAPER-PROTOTYP 2: DISTANZMESSUNG MIT WÜRFELN (PAPER-GAZECUBES).....	23
(D) EXPERIMENT 2: DISTANZMESSUNG MIT FINGERN GEGEN DISTANZMESSUNG MIT BLÖCKEN.....	24
<i>Ergebnisse Experiment 2</i>	25
(E) SMARTPHONE PROTOTYP MIT SIMPLIFIER	26
<i>Ergebnisse</i>	28
(F) PAPER-PROTOTYP 3: PAPER-GAZERULER	28
(G) EXPERIMENT 3: PAPER-GAZECUBES GEGEN PAPER-GAZERULER.....	29
<i>Ergebnisse</i>	30
(H) NACHBEREITUNG DER FOTODOKUMENTATION	30
(I) ERGEBNISSE DES PAPER-PROTOTYP-DESIGN.....	32
Design der HoloLens Prototypen	32
(J) EXPERIMENT 4: GESCHWINDIGKEITSTEST UND USABILITY-TEST DES ENTWICKELTEN PROTOTYPS ZUR KONTINUIERLICHEN FOTODOKUMENTATION	32

<i>Ergebnisse</i>	35
(K) EXPERIMENT 5: GENAUIGKEITSTEST – GAZECUBES GEGEN GAZERULER.....	38
<i>Ergebnisse</i>	41
(L) EXPERIMENT 6: USERAKZEPTANZTEST.....	45
<i>Ergebnisse</i>	47
Diskussion	51
Fazit	54
Literaturverzeichnis	55
Anhang	58
ANHANG A BILDER.....	58
ANHANG B TYPISCHE BESTÜCKUNG EINES VERBANDSWAGENS.....	66
ANHANG C BEOBACHTUNGEN ZUM USERVERHALTEN WÄHREND DER TESTS.....	67
<i>Experiment 1 (B)</i>	67
<i>Experiment 2 (D)</i>	67
<i>Experiment 3 (G)</i>	69
<i>Experiment 4 (J)</i>	70
<i>Experiment 5 (K)</i>	71
<i>Experiment 6 (L)</i>	72

Hinweis zur Formulierung: Der besseren Lesbarkeit halber wird in diesem Dokument in der Regel die männliche Form verwendet, gemeint sind aber stets die männliche und die weibliche Form.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SNAPCAP SMARTPHONE APP	4
ABBILDUNG 2: MOWA MARKER: ANWENDUNG UND ORIGINALGRÖßE	5
ABBILDUNG 3: ABLAUF VERBANDSWECHSEL (GROB)	11
ABBILDUNG 4: ABLAUF GESTALTUNG DES RAUMES UND VORBEREITUNG DES PATIENTEN	12
ABBILDUNG 5: ABLAUF WUNDREINIGUNG	13
ABBILDUNG 6: ABLAUF FOTODOKUMENTATION	14
ABBILDUNG 7: ABLAUF NACHBEREITUNG DES PATIENTEN	15
ABBILDUNG 8: ABLAUF NACHBEREITUNG WUNDDOKUMENTATION AM COMPUTER	16
ABBILDUNG 9: HOLOLENS KOMPONENTEN	19
ABBILDUNG 10: FINGER NEBEN WUNDE UND DISTANZ ZWISCHEN FINGERN IM BLICKFELD	20
ABBILDUNG 11: VERWENDETER QR-CODE	21
ABBILDUNG 12: VERWENDETE INTERFACE MOCKUPS	21
ABBILDUNG 13: PAPIERWÜRFEL MIT SCHNUR ALS DISTANZMESSUNG	24
ABBILDUNG 14: SCREEN 1 UND 2 SIMPLIFIER APP	27
ABBILDUNG 15: SCREEN 3 UND 4 SIMPLIFIER APP	27
ABBILDUNG 16: PAPER GAZERULER	29
ABBILDUNG 17: HOLOLENS	34
ABBILDUNG 18: VERWENDETE MATERIALIEN EXPERIMENT 4	35
ABBILDUNG 19: GAZECUBES (BEISPIELHAFTE DARSTELLUNG)	40
ABBILDUNG 20: GAZERULER (BEISPIELHAFTE DARSTELLUNG)	41
ABBILDUNG 21: CURSOR GAZERULER	42
ABBILDUNG 22: TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODELL	52
ABBILDUNG 23: VERBANDSWAGEN	59
ABBILDUNG 24: LEHRMATERIAL VERBANDSWECHSEL INFIZIERTE/KOLONISIERTE WUNDE (1).	60
ABBILDUNG 25: LEHRMATERIAL VERBANDSWECHSEL INFIZIERTE/KOLONISIERTE WUNDE (2).	61
ABBILDUNG 26: KLICKGESTE (AIRTAP) OFFEN	62
ABBILDUNG 27: KLICKGESTE (AIRTAP) GESCHLOSSEN	62
ABBILDUNG 28: VERWENDETE BEISPIELWUNDE	63
ABBILDUNG 29. GAZERULER – INTERFACE UND FUNKTIONSBEISPIEL	63
ABBILDUNG 30: GAZERULER – INTERFACE UND FUNKTIONSBEISPIEL GEOMETRIE MODUS	64
ABBILDUNG 31: GAZECUBES – INTERFACE UND FUNKTIONSBEISPIEL	64
ABBILDUNG 32: PROBAND MISST „WUNDE“ MIT GAZERULER AUS	65
ABBILDUNG 33: BEISPIELBILD SCHLECHTE FOTODOKUMENTATION	65

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GEMESSENE DURCHLAUFZEITEN	36
TABELLE 2: GEMESSENE DURCHLAUFZEITEN (DIAGRAMM)	37
TABELLE 3: SYSTEM USABILITY SCALE TESTERGEBNISSE	37
TABELLE 4: DISTANZMESSUNG GAZE CUBES	43
TABELLE 5: DISTANZMESSUNG GAZE RULER (LINIEN MODUS).....	43
TABELLE 6: DISTANZMESSUNG GAZE RULER (GEOMETRIE MODUS)	44
TABELLE 7: SYSTEM USABILITY SCALE TESTERGEBNISSE	44
TABELLE 8: DURCHLAUFZEITEN - VORBEREITUNG WUNDDOKUMENTATION	48
TABELLE 9: DURCHLAUFZEITEN: FOTODOKUMENTATION	48
TABELLE 10: DURCHLAUFZEITEN - NACHBEREITUNG	49
TABELLE 11: GESAMTDURCHLAUFZEITEN.....	49
TABELLE 12: DURCHSCHNITTSZEITEN.....	49
TABELLE 13: SYSTEM USABILITY SCALE TESTERGEBNISSE	51

Problemstellung

In Deutschland gibt es jährlich zwischen zwei und drei Millionen Wundpatienten, von denen ungefähr 900.000 Patienten an chronischen Wunden (mit einem Behandlungszeitraum von mehr als acht Wochen) leiden (Schubert & Köster, 2015). Hierbei ist es für den behandelnden Arzt verpflichtend, eine genaue Dokumentation des Wundverlaufs zu erstellen. Dies ist nicht nur gesetzlich vorgeschrieben, sondern dient auch als Beurteilungsgrundlage (BVMed, 2015). Dieser Dokumentation liegt eine genaue Beschreibung der Wunde zugrunde. Erstellt wird eine solche meist anhand eines Bogens speziell für Wunddokumentationen (Johanniter). Zusätzlich zur Beschreibung der Wunde ist es von Vorteil, die Wunde durch eine Fotografie festzuhalten. Hierfür spricht unter anderem, dass eine visualisierte Nachvollziehbarkeit des Wundverlaufs besteht - auch für Patienten und Angehörige (Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (Hrsg.), 2016). Auf der anderen Seite stellt diese Methodik das Pflegepersonal oft vor Schwierigkeiten und kann sogar zu schwerwiegenden Problemen führen. Dazu zählen unter anderem die Übertragung von Keimen und Bakterien zwischen Patienten. Dies geschieht über die Oberflächen von Digitalkameras oder ähnlichen Geräten, welche zur Bilderfassung der Wunden zum Einsatz kommen. Diese werden oft durch Berührung mit Pflegekräften kontaminiert und sind aufgrund ihrer Empfindlichkeit schwierig rückstandslos zu reinigen. Ebenso stellt die eigentliche Aufnahme der Fotografie das Pflegepersonal vor Probleme. Oft sind an einer solchen mehrere Pflegende beteiligt. (Aldaz et al., 2015) In Krankenhäusern und anderen Pflegeeinrichtungen kann dies meist gut kompensiert werden. Dagegen stellt dies in der mobilen Pflege ein deutliches Problem dar, da hier oft unter Zeitdruck und Fachkräftemangel gearbeitet wird. Dazu kommt, dass für die Fotografien gewisse Standards einzuhalten sind (gleicher Abstand zur Wunde, gut erkennbarer Maßstab, keine Schattenbildung, etc.). Dies kann sich für Personen ohne Kenntnisse auf dem Gebiet der Fotografie als schwierig erweisen. Ebenso ist sicherzustellen, dass die Bilder vertraulich behandelt werden und eine Nachbearbeitung der Bilder durch Bildbearbeitungssoftware ausgeschlossen wird. (Initiative Chronische Wunden, 2016)

Zielsetzung der Bachelorarbeit

Neue Technologien, wie die HoloLens von Microsoft (Microsoft, 2015) können hierfür Abhilfe schaffen. Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, ein Konzept für den Einsatz der HoloLens in der Wunddokumentation zu erstellen und dieses zu bewerten.

Zunächst wird in der Bachelorarbeit der Stand der wissenschaftlichen Literatur über die Dokumentation von (chronischen) Wunden ermittelt. Grundlage dafür bilden vor allem Bücher zum Thema Wundmanagement, (prototypische) Anwendungen, Forschungsprojekte und interessante wissenschaftliche Veröffentlichungen. Nach der Identifikation der relevanten Literatur werden die aktuellen Methoden vorgestellt. Die Ergebnisse werden im Anschluss dafür verwendet, die einzelnen Prozesse im Wundmanagement darzustellen und Probleme zu identifizieren. Durch Besuche bei Pflegeeinrichtungen werden weitere Eindrücke über den Prozess der Wunddokumentation gewonnen. Diese helfen, die Ergebnisse zu verifizieren.

Anschließend werden als zentraler Punkt der Bachelorarbeit aus den ermittelten Anforderungen Hypothesen entwickelt und in Experimenten mit Pflegekräften überprüft. Anhand der Hypothesen werden prototypische Anwendungen mit der HoloLens umgesetzt.

Die Realisierung der vorliegenden Arbeit erfolgt anhand der folgenden drei Forschungsfragen:

- Was ist der wissenschaftliche Stand der Literatur in Hinsicht auf Wundddokumentation?
- Wie lässt sich der aktuelle Wundddokumentationsprozess modellieren und wo treten bei der Ausführung Probleme auf?
- Welche Funktionalitäten muss eine Anwendung für die HoloLens besitzen, damit es die Arbeit im Feld optimal unterstützt?

Literaturrecherche

Der Aufbau des Related Works erfolgt anhand Webster und Watson (Webster & Watson, 2002). Hier wird hervorgehoben, dass ein Literatur-Review anhand von Konzepten und nicht anhand von Autoren gegliedert werden soll. Diese Konzepte sind hier wie folgt gegliedert:

Zunächst wird eine sehr wichtige Quelle zum Thema freihändige Wundddokumentation (Aldaz et al., 2015) vorgestellt. Danach gehe ich auf den neuesten Stand der Literatur und Technik in der Wundddokumentation (auf Smartphones basierende Systeme) ein. Zu beachten ist hier, dass diese Vorgehensweisen von den derzeit allgemein gebräuchlichen abweichen können. Im Teil „Ablauf der Wundddokumentation“ beschreibe ich den Ablauf der „klassischen Wundddokumentation“ so, wie er mir im Krankenhaus St. Elisabeth in Neuburg an der Donau vermittelt wurde. Zuletzt stelle ich vor, wie Wearables in anderen Bereichen der Medizin abseits der Wundddokumentation eingesetzt werden. Während der für das Review erfolgten Literaturrecherche kamen drei verschiedene Strategien der Quellensuche zum Einsatz:

- Stichwortsuche: Ich durchsuchte Online-Datenbanken (z.B. Google Scholar) mit Stichworten zum Thema. Dazu zählen deutsche und englische Begriffe aus den Bereichen Wundddokumentation, freihändige Wundddokumentation und Wearables in der Medizin. Mit dem Verlauf der Arbeit und dem gewonnenen Kenntnisstand wurden die Begriffe weiter spezifiziert.
- Rückwärtssuche: Nachdem relevante Quellen identifiziert werden konnten, wurden die Referenzen dieser Dokumente von mir nach weiteren für das Thema relevanten Quellen durchsucht.
- Vorwärtssuche: Nachdem bei der Rückwärtssuche das Problem auftritt, dass immer ältere Quellen gefunden werden, nutzte ich ebenfalls die Funktion von Google Scholar, um zu sehen, welche Autoren die von mir bereits gefundenen Quellen für ihre Arbeiten verwendeten, um hier ebenfalls relevante Literatur zu finden.

So konnten für die Literaturrecherche und die Modellierung des Wundddokumentationsprozesses insgesamt zehn relevante Quellen identifiziert werden.

Related Works

„A review of prior, relevant literature is an essential feature of any academic project. An effective review creates a firm foundation for advancing knowledge. It facilitates theory development, closes areas where a plethora of research exists, and uncovers areas where research is needed.“

(Webster & Watson, 2002)

Als wichtigste Quelle für diese Arbeit kann Aldaz et al. „Hands-free image capture, data tagging and transfer using Google Glass: a pilot study for improved wound care management“ (Aldaz et al., 2015) betrachtet werden. Aldaz stellt hierin ein freihändiges Wunddokumentationssystem für Google Glass vor. Für dieses wurden zunächst umfangreich klinische Bedürfnisse ermittelt. Hierauf entschied sich das Team in Richtung der Wunddokumentation zu entwickeln, da so Aldaz:

A reduction in the incidence of chronic wounds — especially hospital-acquired pressure ulcers — is of paramount concern to healthcare facilities;

und

chronic wound image capture involves a relatively low degree of clinical risk for patients, thus enabling a solution to be tested and implemented quickly.

Das so entwickelte „SnapCap“ System besteht aus Google Glass und einem Android Smartphone, auf dem sich eine für die Wundfotografie entwickelte Applikation befindet. Zunächst scannt der Benutzer den Barcode des Patienten ab, um diesen auszuwählen. Anschließend hat er die Möglichkeit, mit diesem System Bilder per Sprachsteuerung aufzunehmen. Dabei kann durch Kopfbewegungen gezoomt und das Bild akzeptiert, bzw. abgelehnt werden. Anschließend können die Benutzer Sprachanmerkungen zur Fotoaufnahme hinzufügen. Abschließend können die Bilder über die Smartphone App dem sogenannten „EMR“ (Electronic Medical Report)¹ hinzugefügt werden. Zusätzlich können auf der App alle Patientenakten und die dazugehörigen Wunddokumentationsdaten aufgerufen werden. (siehe Abbildung 1)

Von SnapCap werden folgende Features von Google Glass genutzt:

- Kamera mit digitalem Zoom
- Barcode Scanner
- Mikrofon
- IMU (Inertial Measurement Unit)
- Infrarot Sensor

Die letzten beiden dienen dazu, die Eingabe über Kopfbewegungen zu ermöglichen (IMU) und das benötigte „Doppelzwinkern“ zu erkennen.

¹ Zu Deutsch etwa: elektronische Patientenakte

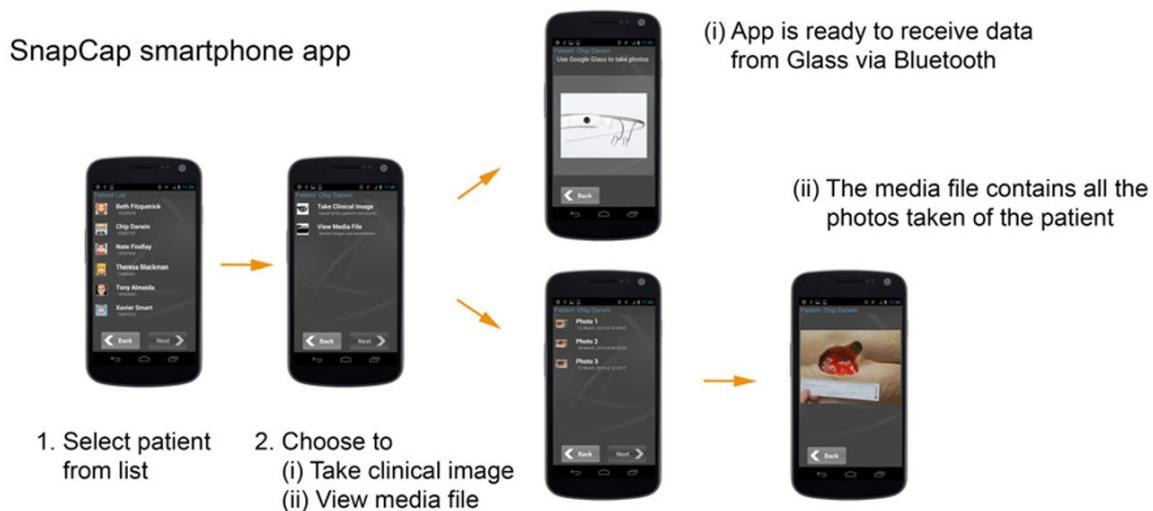


Abbildung 1: SnapCap Smartphone App

Quelle: Aldaz et al. (2015)

In einer Testreihe mit 16 Probanden wurden alle Kernelemente des „SnapCap“ Systems überprüft. Getestet wurde das System gegen das Smartphone basierende „Epic Haiku“ (Epic Systems, 2017). Hierbei schnitt „SnapCap“ im Bereich „Sterile Image-Capture Technique“² besser ab. Stark bevorzugt wurde von den Probanden die Möglichkeit, den Barcode zur Patientenidentifikation abzuscannen. In den anderen Testbereichen gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Systemen. Darin sieht Aldaz, dass freihändige Fotografie für Wunden eine Möglichkeit ist. Zeitgleich zeigen seine Daten, dass eine deutliche Präferenz für ein virtuelles Lineal besteht, welches die Papier Lineale ersetzt.

Da sich Wunddokumentation mit sogenannten „Wearables“ noch im Anfangsstadium befindet ist es umso wichtiger, den aktuellen Stand der Technik zu betrachten. Hier ist Epic Systems einer der führenden Hersteller für Wunddokumentationssoftware in den USA. Bei ihrem aktuellen Wunddokumentationssystem (Epic Haiku) kommen herkömmliche Smartphones zum Einsatz. Die für die Wunddokumentation verantwortliche Pflegekraft macht zunächst mit der App ein Foto, während eine andere Pflegekraft ein Lineal neben die Wunde und den Patienten in Position hält. Nachdem das Foto mit der App gemacht wurde, wird dieses von der App der elektronischen Patientenakte beigelegt und nicht lokal auf dem Telefon gespeichert, damit die Privatsphäre des Patienten geschützt wird. (Epic Systems, 2017)

Eine andere Wunddokumentationssoftware nach dem aktuellen Stand der Technik für Smartphones und Tablets ist MOWA (Mobile Wound Analyser) von Healthpath (Healthpath, 2011). Hiermit ist es möglich, Fotos von einer Wunde aufzunehmen und diese mit unterschiedlichen Farben zu markieren. Diese Markierungen haben mehrere Nutzen. Einerseits kann die Wundfläche markiert werden, um diese besser einschätzen und vergleichen zu können. Zusätzlich dazu kann die Applikation die Wundfläche auch nach Eingabe weiterer Parameter (Ausmessen vorgegebener Maße als Maßstab), oder durch Verwendung von für den MOWA vorgefertigter Marker (siehe Abbildung 2) ausgerechnet werden. Zum anderen können drei unterschiedlichen Wundstadien des Gewebes (nekrotisierendes, granulierendes und entzündetes Gewebe) farblich markiert werden. Nachteil bei dieser App gegenüber Epic Haiku ist jedoch, dass die zusammengetragenen Daten nicht direkt an eine elektronische Patientenakte

² Zu Deutsch etwa: Keimfreie Fotoaufnahme Technik

angehängt werden können. Diese können aber in unterschiedlichen Formaten (.jpg oder .pdf) als Email versendet werden.

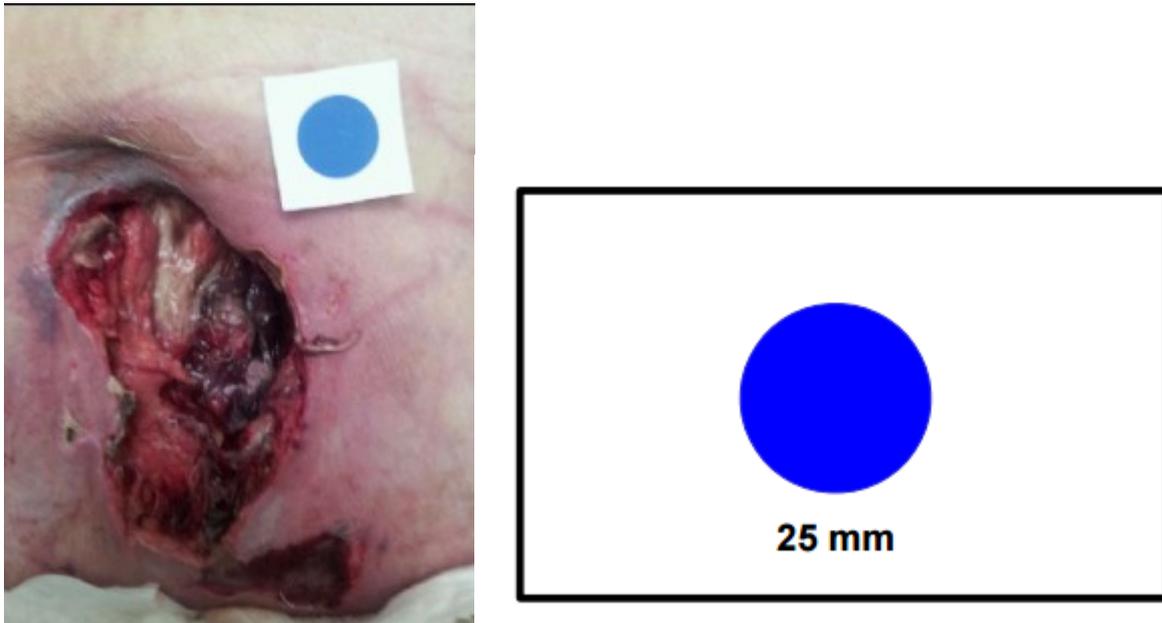


Abbildung 2: MOWA Marker: Anwendung und Originalgröße
Quelle: Healthpath (2011)

Neben solchen auf Smartphones basierenden Wunddokumentationssystemen kommen auch speziell für die Wund-/Fotodokumentation angefertigte Systeme zum Einsatz. Hierzu zählt die Mavis III Wundkamera von Perry Baromedical (Perry Baromedical, 2017). Die Mavis III ist eine stereoskopische Kamera, mit der das Volumen, die Fläche und der Umfang chronischer Wunden gemessen und aufgenommen werden kann.

Im Gegensatz zur Wunddokumentation, in der bisher fast ausschließlich mit Handheld Devices gearbeitet wird, kommen Wearables in anderen Bereichen der Medizin bereits zum Einsatz. So wurde zum Beispiel getestet, eine GoPro HERO3 am Kopf eines Chirurgen zu befestigen, um die Prozedur einer Operation zu filmen (Bizzotto, Sandri, Lavini, Dall'Oca, & Regis, 2014). In „Surgical Vision: Google Glass and Surgery“ (Chang, Tsui, Yeung, Yip, & Leung, 2016) werden mehrere unterschiedliche Verwendungszwecke für Head-Mounted Devices, hier speziell Google Glass, zusammengefasst und vorgestellt. Die wichtigsten Bereiche umfassen hier:

- Prä-Operative Versorgung
- Augmented Reality während einer Operation
- Lehre und Training
- Bildgeführte Chirurgie
- Weitere Verwendungszwecke außerhalb des Operationssaals

Ergebnisse Literaturrecherche

Datenbrillen werden in Krankenhäusern und speziell in einer Operationsumgebung bereits vielseitig eingesetzt. Jedoch hat diese Literaturrecherche ergeben, dass freihändige Wunddokumentation nicht nur für Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen „Neuland“ ist, sondern es in der Forschung auch bisher kaum Experimente zu diesem Thema gibt. Dennoch war es möglich, eine Basis an Funktionalitäten für ein System für freihändige Wunddokumentation zu bilden.

Aus der Literatur erschließen sich folgende Anforderungen:

- Das System muss in der Lage sein, Bilder aufzunehmen.
- Das System muss berührungsfrei steuerbar sein.
- Es muss möglich sein, die Patientendaten direkt in das System einzugeben.

Hierdurch wird den Patienten das Beschriften von Einmallinealen erspart. Dies spart Zeit und verringert das Infektionsrisiko, da die Pflegekraft weder mit einem Stift noch mit einem Einmallineal in Berührung kommt. Hier ist vor allem die Verwendung von scanbaren Codes (QR-Code, Barcode) (Aldaz et al., 2015), im Vergleich zu der Eingabe der Daten über eine virtuelle Tastatur interessant.

- Das Ausmessen der Wunde durch ein virtuelles Lineal.

Dieses virtuelle Lineal erspart den Pflegekräften die Benutzung von Einmallinealen (neben die Wunde Halten bei Aldaz; Anbringen an die Wunde in der klassischen Wunddokumentation) und reduziert so das Infektionsrisiko.

Aufbauend auf diesen Anforderungen ließ sich ein erster Prototyp bauen.

Methoden

Die Umsetzung dieses Projekts, insbesondere der Prototypen, wurde anhand von „Design Science Research Methodology“ von Peffers (Peffers et al., 2007) realisiert. Zusätzlich wurde in Teilbereichen der Arbeit auf speziell dafür vorgesehene Methoden zurückgegriffen. Der Ablauf der Arbeit orientiert sich anhand der folgenden sechs von Peffers definierten Schritte:

- Problemidentifikation und Motivation:

Zu Beginn der Arbeit werden die Probleme der aktuellen Wunddokumentation identifiziert und aufgezeigt. Auf Basis dieser Problemstellung wird der Lösungsweg motiviert.

- Ziel der Lösung:

Durch umfangreiche Literaturrecherche und Gespräche mit Pflegekräften wird eine Basis an Anforderungen für die freihändige Wunddokumentation geschaffen. Auf den erhobenen Anforderungen aufbauend wurde eine Gestaltungstheorie entwickelt. Diese

Gestaltungstheorie wird in dieser Arbeit überprüft und angepasst, sodass sich ein Konzept für die freihändige Wunddokumentation mit der HoloLens ergibt.

- Gestaltung und Entwicklung:

Aufbauend auf den Anforderungen aus der Literatur wurden Hypothesen zum Design generiert. Diese wurden dann mittels Prototypen getestet. Aus den Ergebnissen der Tests ergaben sich neue Hypothesen, die wieder getestet wurden.

- Demonstration:

Alle während der Iterationen entstandenen Prototypen wurden mit Probanden aus der Pflege getestet, um qualitativ hochwertige Hypothesen als Grundlage für weitere Prototypen bilden zu können.

- Evaluation:

Die Evaluation der Experimente erfolgte anhand von Fragebögen, Aufzeichnung von Vergleichsparametern und Gesprächen mit den Probanden. Aufgrund der zeitlichen Limitation der Bachelorarbeit wurde in diesem Bereich überwiegend qualitativ getestet, sodass jeder Prototyp mit Fachkräften aus der Pflege getestet und bewertet wurde.

- Kommunikation:

Die Ergebnisse der Experimente und das entstandene Gesamtkonzept werden in dieser Arbeit vorgestellt.

Modellierung Wunddokumentationsprozess

Der Ablauf des Wunddokumentationsprozesses (Fotodokumentation und Nachbereitung am Computer; im ersten Diagramm farbig – orange - markiert), wurde anhand von Ereignisgesteuerten Prozessketten (kurz: EPK) modelliert und visualisiert (Keller, Scheer, & Nüttgens, 1992). Hierzu wurde das kostenfreie Programm ARIS Express verwendet (Software AG, 2009). Da es für den Gesamtkontext der Arbeit nicht relevant ist, die weiteren Schritte eines Verbandswechsels genauestens darzustellen, wurden hier einfache Vorgangsdiagramme verwendet, um den Ablauf zu visualisieren.

Evaluation der Experimente

In den Experimenten wurden folgende Fragebögen verwendet:

- *System Usability Scale (SUS):*

Dieser Fragebogen ermittelt die Usability eines Systems (Brooke, 1996). Dieser Fragebogen umfasst zehn Fragen. Die Auswertung erfolgt anhand einer Skala von 0-100. Um die Werte auf dieser Skala einordnen zu können, orientiere ich mich an den von Bangor, Kortum und Miller erstellten Vergleichswerten (Bangor, Kortum, & Miller, 2009). Zum Vergleich entspricht hier ein Wert von 50,9 einer

unterdurchschnittlichen, ein Wert 71,4 einer guten und ein Wert von 85,5 einer ausgezeichneten Usability.

- *NASA Task Load Index* (kurz: **NASA-TLX**)

Dieser Fragebogen (Hart & Staveland, 1988) wird verwendet, um die Beanspruchung eines Systems auf ein Individuum zu ermitteln. Der Fragebogen ist in zwei Teile aufgeteilt. Im ersten Teil müssen die Probanden ihre Erfahrungen aus dem Experiment auf sechs verschiedenen Skalen bewerten. Diese Skalen sind von 0-100 in 5-Punkte-Schritten gewertet. Im zweiten Teil werden alle Skalen paarweise im Hinblick auf die Wichtigkeit für das Experiment verglichen (insgesamt 15 Vergleiche). Hierbei müssen sich die Probanden jeweils für eine Möglichkeit entscheiden. Nach diesen Vergleichen ergeben sich gewichtete Ergebnisse, die verrechnet den NASA-TLX Wert auf einer Skala von 0-100 ergeben.

In den Experimenten wurden folgende Arten an Experimentdesigns (Charness, Gneezy, & Kuhn, 2012) verwendet:

- **Between-subjects design:** Hierbei wird jeder Proband zufällig einer Veränderungsstufe der unabhängigen Variable zugeordnet und testet diese.
- **Within-subjects design:** Im Gegensatz zum „Between-subjects Design“ durchlaufen die Probanden alle gestellten Aufgaben mit allen Veränderungen der unabhängigen Variable.

Wunddokumentation

Rechtliche Aspekte

Ein großes Problem für die Wunddokumentation in Deutschland ist, dass es keinen einheitlich geregelten Standard gibt. Zwar gibt es Fachzeitschriften, die immer wieder Artikel mit dem optimalen Ablauf einer Wunddokumentation veröffentlichen (pqsg, 2013). Jedoch ist es den Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen freigestellt, wie sie an die Sache herantreten. Schwierig dabei ist, dass es lediglich verpflichtend ist, eine Dokumentation durchzuführen, jedoch nicht die Art und Weise der Durchführung. Von der Rechtsprechung wird hier eine lückenlose Dokumentation gefordert (BGH 1978: Dokumentation ist eine >>*selbstverständliche therapeutische Pflicht*<< §§1 u. 4 Krankenpflegegesetz und §80 SGB XI: Systematische Dokumentationspflicht für Ärzte und Pflegepersonal).

Folgende Formen der Dokumentation sind möglich:

- Schriftliche Dokumentation (auf Bögen, in Papierform oder digital)
- Bildgebende Dokumentation

Die Fachliteratur empfiehlt eine Kombination dieser Varianten (z.B.: Fotodokumentation mit schriftlich festgehaltenen Merkmalen), da dies für aussagekräftig gehalten wird (Schaperdoth, 2006).

Ziel der Wunddokumentation

Auch legte der BGH 1986 fest, welchen Zweck die Dokumentation erfüllen soll.(Schaperdoth, 2006) Sie dient der:

- Beweissicherung
- Rechenschaftsbelegung
- Therapiesicherung
- Qualitätssicherung

Neben dem rechtlichen Aspekt sollte die Wunddokumentation auch Aufschluss über die pflegerischen Aspekte geben. Dazu zählen folgende Punkte:

- Notwendigkeit
- Art (z.B. durchgeführte Maßnahme, verwendetes Material)
- Umfang (z.B. Häufigkeit des Verbandwechsels)
- Qualität
- Ergebnis der Pflege

Diese Punkte ermöglichen eine professionelle Therapieplanung, die Darstellung diagnostischer Ergebnisse und die Erfassung und Beurteilung der Qualitätsindikation (Balota, 2016). Dies soll eine bestmögliche Versorgung des Patienten gewährleisten.

Ablauf Wunddokumentation

Der hier beschriebene Ablauf der Wunddokumentation orientiert sich an dem der Kliniken St. Elisabeth in Neuburg an der Donau. Dort hatte ich die Gelegenheit, mir diesen von Fachkräften der Pflegeabteilung und einer Spezialistin für chronische Wunden erklären zu lassen. Der Ablauf an sich wurde mir anhand von Lehrmaterial für die dortigen Pflegeschüler vermittelt. (siehe Abbildungen 24 und 25). Hier ist die Wunddokumentation im Regelfall immer mit einem Verbandwechsel verbunden. Hiernach richtet sich auch die Häufigkeit der Wunddokumentation. Zusätzlich gilt (pqsg, 2013):

- Der maximale Zeitraum zwischen zwei Fotos beträgt zwei Wochen
- Jede größere Veränderung der Wunde (Operation, deutlicher Heilungsprozess, etc.) wird dokumentiert

Derzeit setzt sich der Ablauf der Wunddokumentation innerhalb des Verbandwechsels aus sechs Teilbereichen zusammen. Zu diesen zählen (siehe Abbildung 3):

- Die Gestaltung des Raumes und die Vorbereitung des Patienten
- Wundreinigung
- Fotodokumentation
- Patientenversorgung
- Nachbereitung Patient
- Nachbereitung der Wunddokumentation am Computer

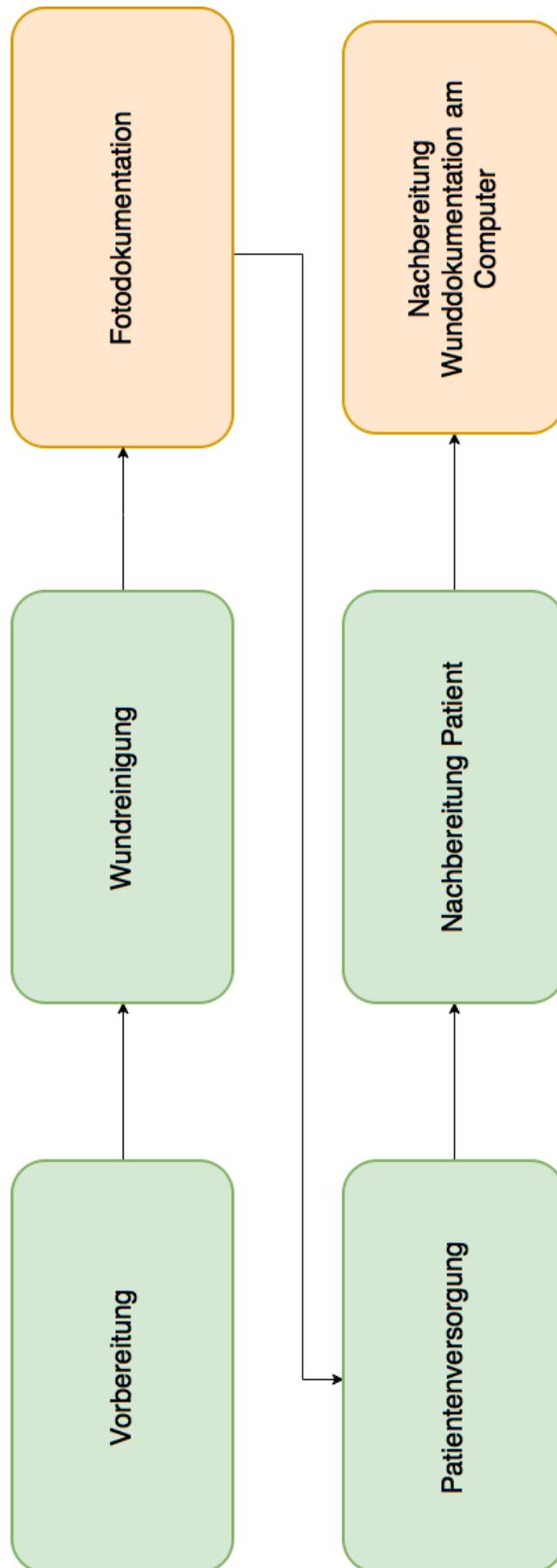


Abbildung 3: Ablauf Verbandswechsel (grob)
Quelle: Eigene Darstellung

Gestaltung des Raumes und Vorbereitung des Patienten

Bevor mit dem Verbandswechsel begonnen werden kann, müssen von der Pflegekraft diverse Vorbereitungen getroffen werden. Diese sind äußerst wichtig, denn sie dienen sowohl als Grundlage für einen reibungslosen und zügigen Ablauf, als auch als Garantie dafür, dass der ganze Prozess hygienisch verläuft.

Außerhalb des Patientenzimmers wird von den Pflegekräften zunächst der Materialwagen auf Verunreinigungen kontrolliert und mit den notwendigen Materialien bestückt (die typische Bestückung eines Verbandwagens für die Wunddokumentation befindet sich mit Bild im Anhang). Zudem sind die Haltbarkeiten der Materialien von den Pflegekräften zu überprüfen. Danach betritt die Pflegekraft das Patientenzimmer. Nun gestaltet die Pflegekraft das Patientenzimmer. Hierbei werden störende Faktoren aus dem Patientenzimmer entfernt (z.B.: Der Mülleimer wird in das Badezimmer gestellt; die Fenster werden geschlossen) und es wird für gleichmäßige Lichtverhältnisse gesorgt. Die Wunddokumentation muss aufgrund der Nachvollziehbarkeit immer bei gleichen Lichtverhältnissen durchgeführt werden. Deswegen müssen etwaige externe Störfaktoren (Sonneneinstrahlung) eliminiert werden. Hierzu werden alle Lichter im Raum angeschaltet und die Vorhänge geschlossen. Danach bereitet die Pflegekraft ihren Arbeitsplatz und das notwendige Material im Raum vor. Dazu gehören diverse Sets mit sterilen Handschuhen und Pinzetten, die im Laufe des Verbandswechsels benötigt und gewechselt werden müssen. Als nächstes bringt die Pflegekraft nach Anziehen der Arbeitsschürze das Patientenbett in Arbeitshöhe, stattet dieses mit Molton³ im Arbeitsgebiet aus und stellt eine Nierenschale in Reichweite. Nun wird der Patient von der Pflegekraft in Position gebracht (Lagerung des Patienten). Als letzter Schritt muss die Pflegekraft eine Handdesinfektion durchführen und ein Paar sterile Handschuhe anziehen.

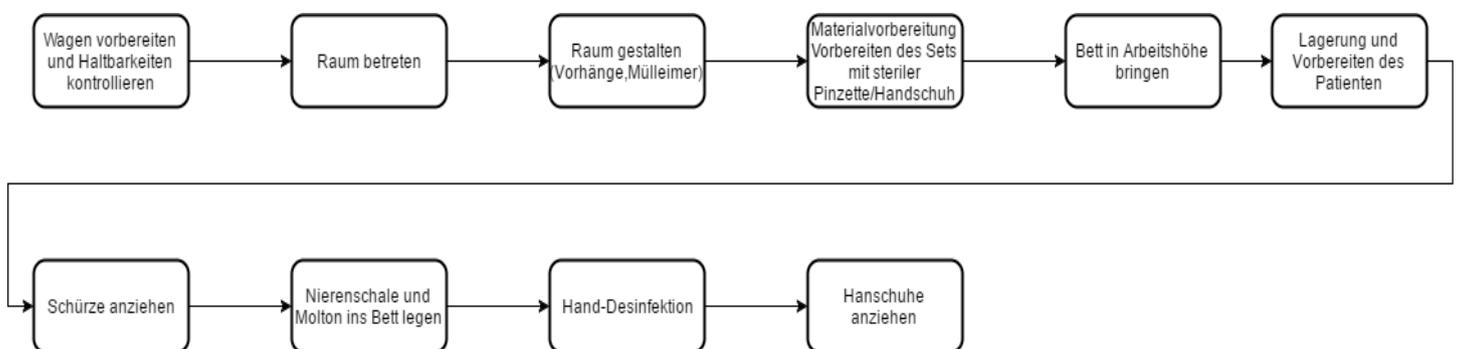


Abbildung 4: Ablauf Gestaltung des Raumes und Vorbereitung des Patienten

Quelle: Eigene Darstellung

³ Feuchtigkeitsundurchlässige Baumwollunterlage

Wundreinigung

Nachdem das Zimmer und der Patient vorbereitet sind, beginnt die Pflegekraft mit der Wundreinigung. Als erstes nimmt die Pflegekraft den alten Verband bis zu Wundaufgabe ab. Die Wundaufgabe wird von der Pflegekraft dann mit einer sterilen Pinzette entfernt und kontrolliert. Die alte Wundaufgabe ist dann von der Pflegekraft gemeinsam mit den Handschuhen zu entsorgen. Sobald dies geschehen ist, muss die Pflegekraft eine Handdesinfektion durchführen und neue sterile Handschuhe anziehen. Mit einer neuen Pinzette wird dann die Wunde gereinigt und versorgt.

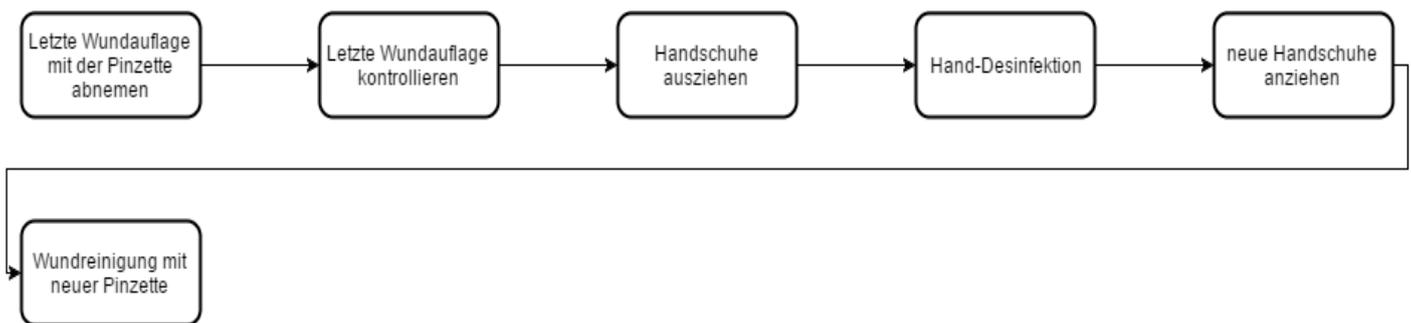


Abbildung 5: Ablauf Wundreinigung

Quelle: Eigene Darstellung

Fotodokumentation

Die Fotodokumentation beginnt mit einem erneuten Handschuhwechsel mit Handdesinfektion. Nach diesem Wechsel beschriftet die Pflegekraft ein Einmallineal aus Papier mit dem Namen des Patienten, aktuellem Datum und dem Wundort/der Wundnummer. Dieses beschriftete Einmallineal wird an der Wunde angebracht (Ankleben oder Auflegen, je nach Methodik). Das Einmallineal dient als Maßstab und Identifikation des Patienten auf dem Foto und muss so neben der Wunde angebracht werden, dass es gut sichtbar ist, jedoch keine relevanten Stellen verdeckt. Hier gilt besondere Vorsicht, da - falls das Einmallineal nicht leserlich oder verdeckt ist - das Bild möglicherweise nicht von einer Krankenkasse oder anderen Institutionen akzeptiert wird (siehe Abbildung 33). Nach dem Anbringen (Auflegen oder Ankleben, je nach Vorgehensweise des Krankenhauses; hier: Auflegen) des Einmallineals wechselt die Pflegekraft wieder die Handschuhe und führt eine Handdesinfektion durch, da diese mit dem Lineal und anderen eventuell infektiösen Stellen in Berührung gekommen ist. Sobald dies geschehen ist, nimmt die Pflegekraft die bereitgelegte Digitalkamera zur Hand und fotografiert die Wunde. Dabei ist auf mehrere Punkte zu achten:

- Die Kamera sollte stets senkrecht zur Wundfläche stehen. Ansonsten wird die Wunde verzerrt dargestellt.
- Der Patient ist bei jedem Bild in der gleichen Position gelagert. Da die Lagerung des Patienten schon am Anfang bei der Vorbereitung vorgenommen wurde, ist diese, falls sie sich geändert hat, zu korrigieren. Ansonsten kann es passieren, dass durch Verlagerungen von Muskel- und Fettgewebe eine Wunde zusammengedrückt wird und sich scheinbar schließt.
- Es sollten keine Fremdkörper im Bild sein.

Nachdem ein Foto gemacht wurde, das den Ansprüchen entspricht, wird die Kamera abgelegt und erneut ein Handschuhwechsel mit Handdesinfektion durchgeführt.

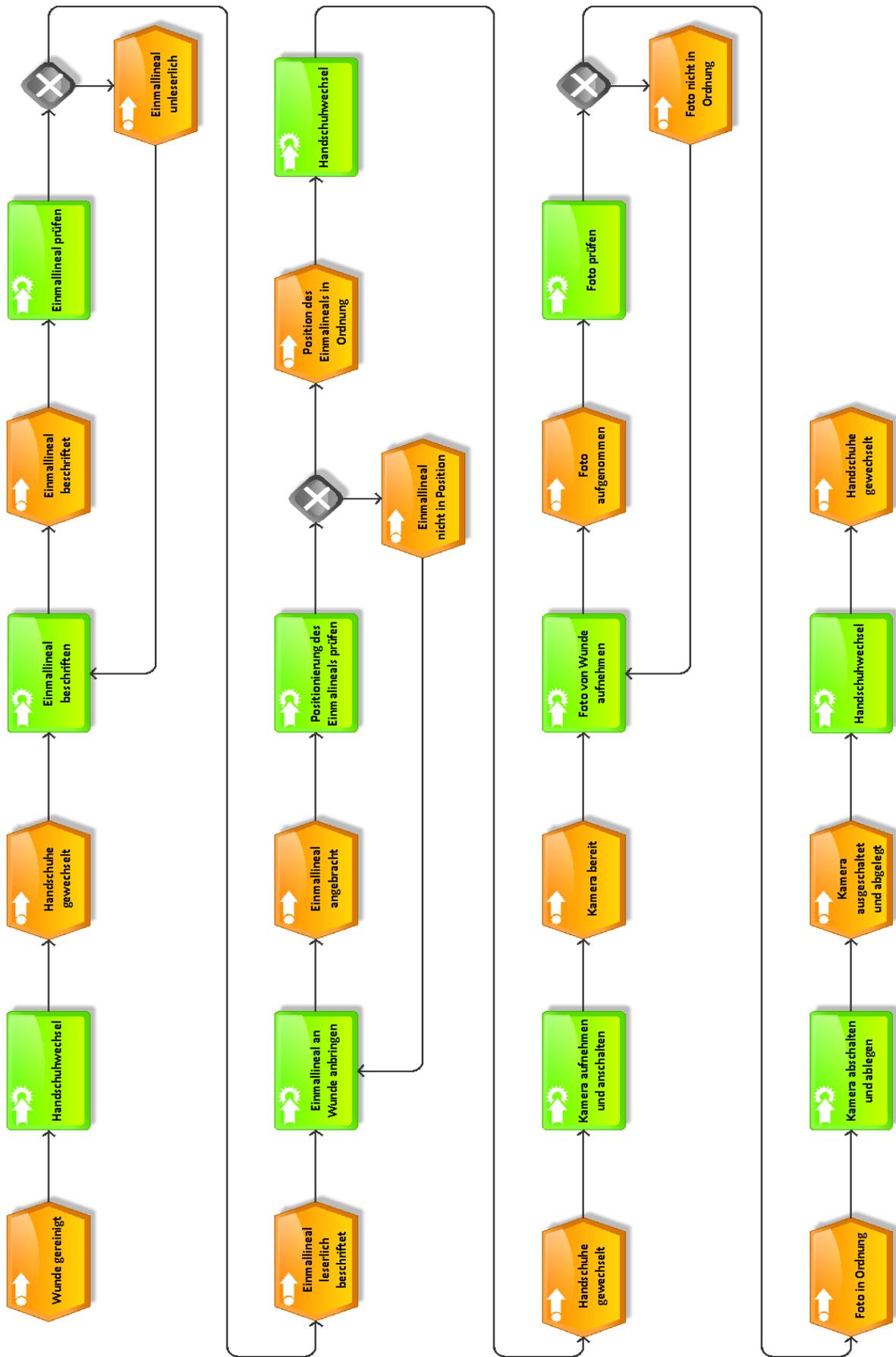


Abbildung 6: Ablauf Fotodokumentation
 Quelle: Eigene Darstellung

Nachbereitung des Patienten

Die Nachbereitung des Patienten beginnt damit, dass geprüft wird, ob die Wundumgebung gereinigt werden muss. Falls dies nötig ist, wäscht und reinigt die Pflegekraft die Wundumgebung. Danach führt die Pflegekraft die Hautpflege der Wundumgebung durch. Hierauf folgt die Versorgung der Wunde. Dies beinhaltet das Anbringen einer frischen Wundauflage mit einer sterilen Pinzette, sowie das Verschließen der Wunde mit einem sterilen Verband. Sobald die Behandlung am Patienten abgeschlossen ist, alle verbrauchten Materialien entsorgt wurden und die unsterilen Utensilien (Pinzetten, Nierenschale, etc.) in dem dafür vorgesehenen Bereich auf dem Materialwagen untergebracht wurden, kann die Pflegekraft ihre Handschuhe ablegen und eine Handdesinfektion durchführen. Danach stellt die Pflegekraft im Patientenzimmer wieder den Normalzustand her (Vorhänge nach Wunsch des Patienten, Mülleimer, etc.). Nach dem Verlassen des Raumes sind die gebrauchten Materialien endgültig zu entsorgen und der Arbeitswagen samt Inhalt zu reinigen und desinfizieren.

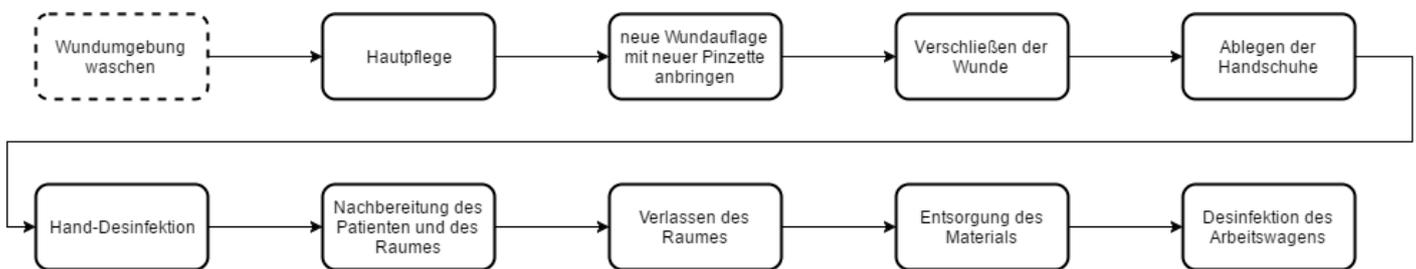


Abbildung 7: Ablauf Nachbereitung des Patienten

Quelle: Eigene Darstellung

Nachbereitung der Wunddokumentation am Computer

Nachdem die Arbeit am Patienten abgeschlossen ist, beginnt die Nachbereitung der gesammelten Daten. Dazu beginnt die Pflegekraft damit, die Digitalkamera an den Computer anzustecken. Als nächstes öffnet die Pflegekraft die Wunddokumentationssoftware und loggt sich in diese ein. Innerhalb der Wunddokumentationssoftware wählt die Pflegekraft nun den behandelten Patienten aus. Danach fügt die Pflegekraft in der aufgerufenen Patientenakte die aufgenommenen Bilder ein. Nach einer erneuten Kontrolle der Bilder auf die gestellten Anforderungen (gute Sichtbarkeit, etc.), können zu der neuen Wunddokumentation Notizen hinzugefügt werden. In diesem Fall stellt die Software anklickbare Vorgaben zur Verfügung. Zusätzlich dazu ist es für die Pflegekraft auch möglich, sonstige Anmerkungen als Fließtext einzufügen. Nach dem Abschluss dieses Vorgangs können die Daten abgespeichert werden und die Pflegekraft kann sich aus der Wunddokumentationssoftware ausloggen. Abschließend müssen sämtliche Aufnahmen von der Digitalkamera gelöscht werden.

Andere Formen der Nachbereitung der Fotodokumentation

In anderen Krankenhäusern funktioniert die Nachbereitung der Fotodokumentation oft anders. Im Folgenden werde ich weitere aktuell verwendete (jedoch teils veraltete) Methoden aus Krankenhäusern vorstellen:

- Bei Hayes und Dodds (Hayes & Dodds, 2002) werden die Bilder zunächst von der Kamera auf einen geschützten Rechner geladen, ausgedruckt und mit den nötigen Informationen versehen. Abschließend werden diese Fotografien von einer externen Firma wieder digitalisiert und der digitalen Patientenakte hinzugefügt. Dieser Vorgang kann mehrere Tage in Anspruch nehmen.
- In Pflegeeinrichtungen, die Papierakten oder keine spezielle Wunddokumentationssoftware verwenden, werden die Bilder häufig auch vor Ort in Papierform ausgedruckt und in der Akte abgeheftet. Hierbei müssen die Pflegekräfte jedoch einige Punkte beachten:
 - Die Fotos müssen so ausgedruckt werden, dass sie lange haltbar sind. (gemäß §199 Abs. 2 BGB muss die Dokumentation 30 Jahre aufbewahrt werden.)
 - Die Farben der Ausdrücke müssen den realen Farben entsprechen.

Wichtig ist hier vor allem, dass die Qualität der ausgedruckten Bilder der Qualität einer Profidruckerei nahekommt.

- In Pflegeeinrichtungen, die Systeme wie Epic Haiku verwenden, entfällt die Nachbereitung fast komplett. Bei Epic Haiku werden die bei der Wunddokumentation erhobenen Daten direkt vom Smartphone der Pflegekraft in die Patientendatenbank geladen und können noch während der Dokumentation von der Pflegekraft bearbeitet werden. Dabei ist es den Pflegekräften aber auch freigestellt, die Nachbereitung der Daten trotzdem an einem Computer durchzuführen.

Zusammenfassung

Obwohl neuere Technologien (Epic Haiku, MOWA) auf dem Markt verfügbar sind, benutzen viele Krankenhäuser (wie auch die Kliniken St. Elisabeth in Neuburg an der Donau) immer noch Digitalkameras und Einmalleineale für ihre Wunddokumentation.

Die Gesamtdauer eines Verbandswechsels lässt sich schwer einschätzen. Dies ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Zustand des Patienten: Ist der Patient mobil, so kann er aktiv den Pflegekräften durch Bewegungen helfen. Ist der Patient dagegen nicht mobil und muss von der Pflegekraft bewegt werden, kann es sehr schwer sein, den Verbandswechsel durchzuführen
- Lokalisation der Wunde: Ein Verbandswechsel an einem Bein dauert in der Regel nicht so lange wie ein Verbandswechsel am Rücken

- Art und Schwere der Wunde: eine großflächigere und/oder tiefere Wunde ist schwieriger und langwieriger zu reinigen als eine kleine Wunde
- Schmerz: Leidet der Patient unter akuten Schmerzen, muss sehr sanft mit ihm umgegangen werden, weswegen der Verbandswechsel länger dauern kann.

Dadurch, dass die Dauer des Verbandswechsels von mehreren Faktoren abhängig ist, kann keine Angabe gemacht werden, wie lange ein Verbandswechsel im Regelfall dauert. Ebenso ist von diesen Faktoren abhängig, ob eine zweite Pflegekraft zum Verbandswechsel hinzugezogen wird. Dies kann zum Beispiel erforderlich sein, wenn eine sehr schwere Person eine Wunde im unteren Rückenbereich hat und die Person für den Verbandswechsel in Seitenlage gehalten werden muss.

Ein besonders hohes Infektionsrisiko besteht immer dann für einen Patienten, wenn die Pflegekraft mit unsterilen Materialien (z.B. Einmalleineal) oder Gegenständen (z.B. Digitalkamera) in der Nähe der Wunde arbeitet.

HoloLens

Die HoloLens ist eine 2015 von Microsoft vorgestellte „Mixed Reality“ Brille. Die HoloLens erlaubt es dem Benutzer, 3D-Hologramme in der Umgebung zu platzieren und mit diesen zu interagieren. Die HoloLens ist ein eigenständiges Device und somit nicht wie die meisten anderen Devices aus dem Bereich der „Wearables“ auf die Verbindung mit einem Smartphone oder Tablet angewiesen. Die HoloLens lässt sich über drei verschiedene Methoden steuern⁴:

- Kopfbewegungen (Gaze)
- Gesten (Gesture)
- Sprachbefehle (Voice)

Die HoloLens beinhaltet mehrere Kameras, die das Blickfeld des Benutzers einfangen. Hiermit wird der Brille ermöglicht, die Oberflächen in der Umgebung detailliert zu verarbeiten und darzustellen (siehe Abbildung 9). Mit diesen Daten kann die HoloLens die virtuelle mit der realen Welt verschmelzen lassen, wodurch die dargestellten Hologramme fast real wirken können. Auch wird hierdurch ermöglicht, dass der Benutzer Hologramme sehr genau im Raum platzieren kann (Microsoft, 2015).

Warum die HoloLens?

Die HoloLens vereint alles, was für eine keimfreie Fotodokumentation mit einem virtuellen Lineal benötigt wird:

- Der Tiefensensor der HoloLens ist sehr genau. Dadurch ist die Grundvoraussetzung für ein virtuelles Lineal - welches auf Zentimeter/Millimeter genau sein muss - gegeben.

⁴ In Klammern befinden sich jeweils die von Microsoft verwendeten Begriffe

Andere Smartglasses, wie die Vuzix M100 oder Google Glass verfügen zwar ebenso über eine Kamera, aber keinen geeigneten Tiefensensor.

- Die HoloLens ist ein eigenständiges Device. Dadurch muss die Pflegekraft lediglich die HoloLens mit sich führen und kein zusätzliches Smartphone, Tablet oder ähnliche Geräte.
- Der Benutzer der HoloLens sieht mit beiden Augen durch das Display. Bei anderen Devices sind oft nur kleine Displays für ein Auge verbaut.

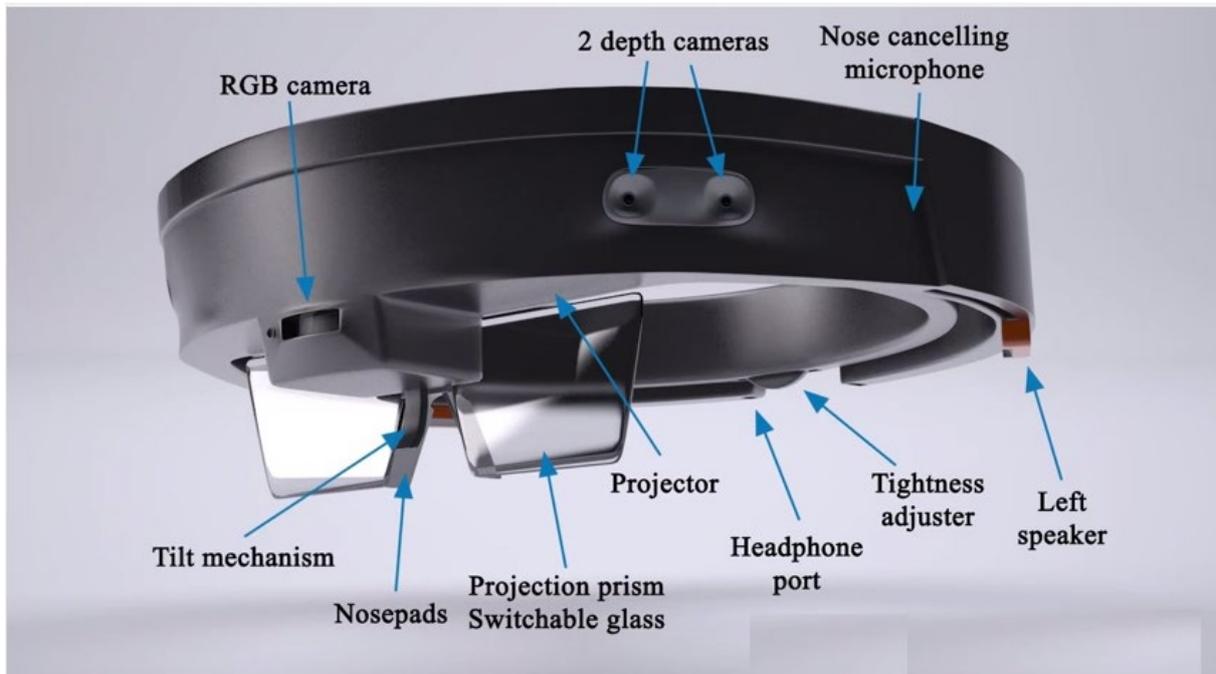


Abbildung 9: HoloLens Komponenten
Quelle :Seeking Alpha (2015)

Design der Paper-Prototypen

In dieser Testphase wurden die aufgestellten Hypothesen mit Paper-Prototypen getestet, um eine größtmögliche Zeiteffizienz gewährleisten zu können. In diesem Ergebnisteil wurden nur die Zusammenfassungen der Tests mit den Usern beschrieben. Eine ausführliche Dokumentation mit Zuordnung zu den Experimenten befindet sich im Anhang.

(A) Paper-Prototyp 1: Finger als Distanzmessung

Idee: Die Idee für diesen Prototyp entstand nach der Erhebung der Anforderungen aus der Literatur. Ein erster wichtiger Anhaltspunkt für diesen Prototyp war das in "Hands-Free Image Capture, Data Tagging and Transfer Using Google Glass: A Pilot Study for Improved Wound Care Management" (Aldaz et al., 2015) beschriebene virtuelle Lineal. Hier heißt es:

Dynamic Digital Ruler inside the Glass Eyepiece. The data revealed a significant preference for a digital ruler inside the eyepiece of a head-mounted display, to replace a hand-held paper ruler (...). Comments included: “Need to work on accuracy, but yes, that would be great so that you wouldn’t have to hold or dispose of the ruler,” and “Huge help!”

Die erste Idee für dieses virtuelle Lineal war es, Zeigefinger und Daumen wie in Abbildung 10 neben die Wunde zu halten. Dabei ist die Überlegung, dass die HoloLens über das Spatial-Mapping und die Fingererkennung den Abstand zwischen den Fingerspitzen errechnet und im Blickfeld anzeigt. Ferner verwendet dieser Prototyp die grundlegenden Funktionen der HoloLens, wie die Klickgeste (Airtap) und die Spracheingabe. Die von Aldaz sehr positiv getestete Idee, einen scanbaren Code mit den Patientendaten abzuscanen um die Fehleranfälligkeit zu reduzieren, wurde hier in Form eines QR-Codes und eines QR-Code-Scanners umgesetzt.

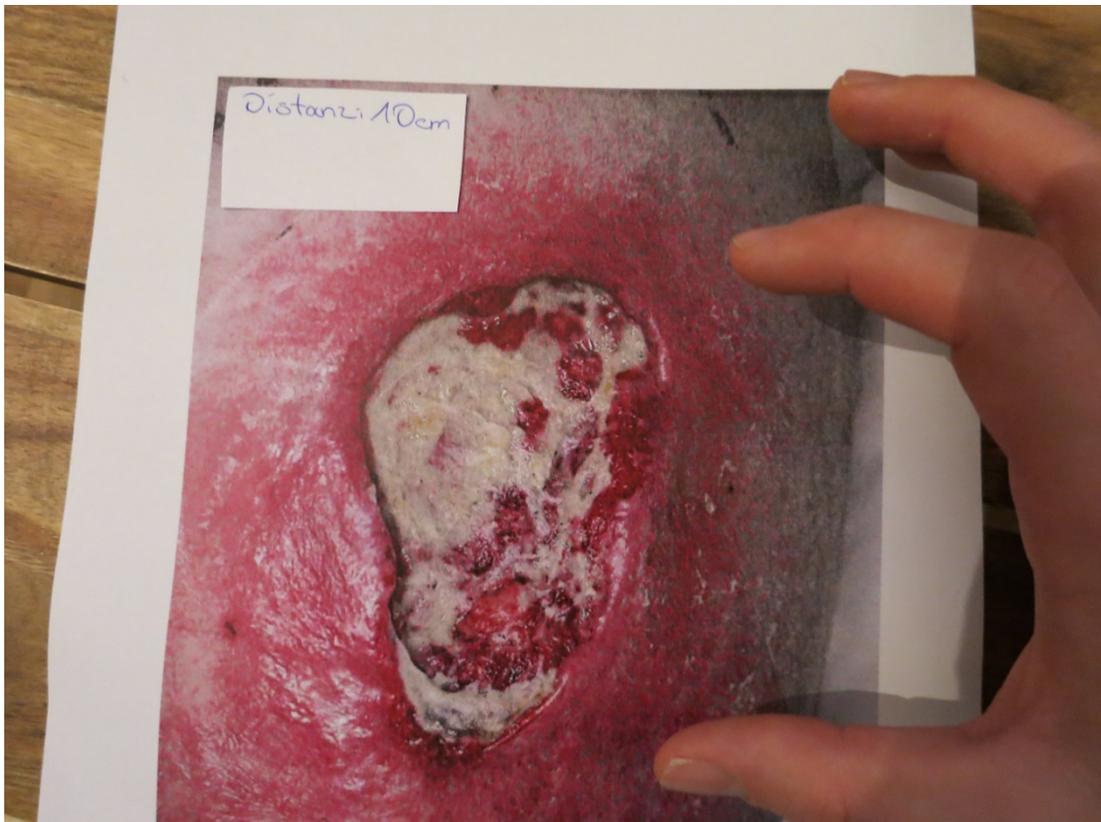


Abbildung 10: Finger neben Wunde und Distanz zwischen Fingern im Blickfeld
Quelle: Eigene Darstellung

Bestandteile	<ul style="list-style-type: none">• Plastikbrille• Bild von Wunde (siehe Abbildung 28)• QR-Code mit Patientendaten (siehe Abbildung 11)• Diverse Interface Mockups (siehe Abbildung 12)• Sprachbefehle
---------------------	--

Anwendung

Der Benutzer kann zunächst über den Sprachbefehl „Scan QR-Code“ den QR-Code mit den Patientendaten abscannen. Sobald dies geschehen ist, legt der Operator die vorgefertigten UI-Mockups, bestehend aus Name, Geburtsdatum und Wundort, in das Blickfeld des Benutzers. Daraufhin wird der Benutzer durch ein Mockup angewiesen, seine Finger so neben die Wunde zu halten, dass diese als Maßstab für die Größe der Wunde dienen. Durch den Sprachbefehl: „Take Picture“ kann schließlich das Bild für die Wunddokumentation aufgenommen werden. Nachdem das Bild aufgenommen wurde, kann der Benutzer das Bild per Klickgeste bestätigen, oder ein neues aufnehmen. Sobald der Benutzer das Bild akzeptiert hat, fragt die Applikation, ob der Benutzer das Programm beenden möchte. Dies kann über Anvisieren der gewünschten Antwort und eine nachfolgende Klickgeste ausgewählt werden.

Überblick



Abbildung 11: Verwendeter QR-Code

Quelle: Eigene Darstellung

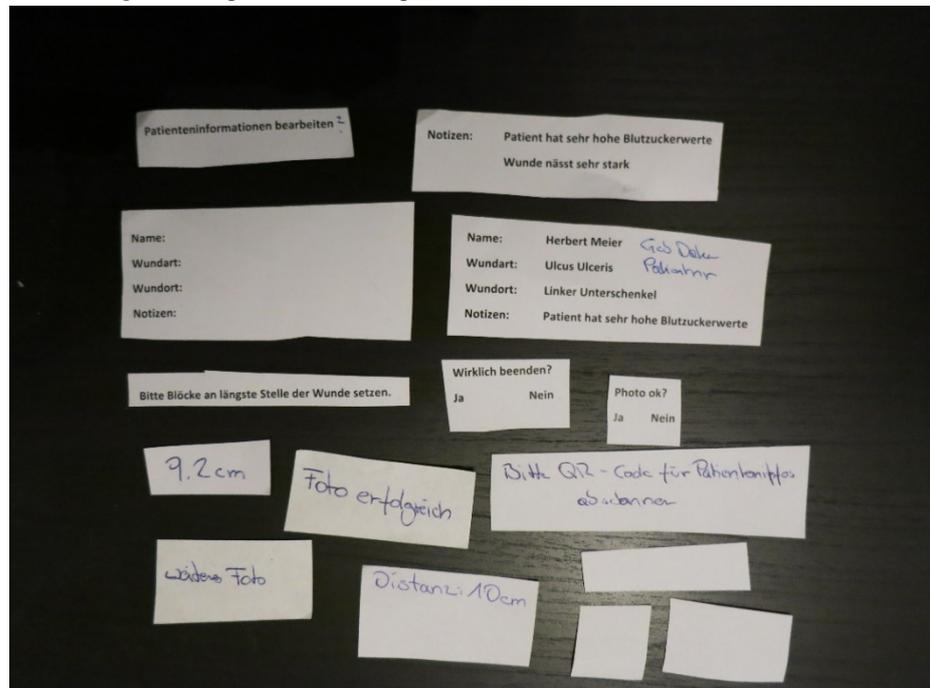


Abbildung 12: Verwendete Interface Mockups

Quelle: Eigene Darstellung

(B) Experiment 1: Anforderungserhebung für Paper-Prototyp mit Einsatz der Finger

Idee: Nachdem die erhobenen Anforderungen ausschließlich aus der Literatur gewonnen wurden, war ein erster Test sehr wichtig. Die Idee hinter diesem ersten Experiment ist es, die aus der Literatur erhobenen Anforderungen zu überprüfen und zu ergänzen. Im Vordergrund für diesen Test steht diese erste Basis an Funktionalitäten zu validieren und zu erweitern. Das Ziel ist es, eine getestete Basis an Funktionalitäten zu schaffen, auf der weiter aufgebaut werden kann. Der hier verwendete Paper-Prototyp wurde so gestaltet, dass der Evaluator diesen schnell verändern kann. Damit ist es möglich, direkt auf die Verbesserungsvorschläge der Probanden einzugehen. Der Prototyp kann so nach jeder Iteration den Vorstellungen des Probanden entsprechend angepasst werden. Hiermit soll erreicht werden, dass aus jedem Probanden eine maximale Menge an guten Anforderungen erhoben werden kann. Gleichzeitig werden Funktionalitäten, die nicht den Vorstellungen der Fachkräfte entsprechen, schnell eliminiert oder ihren Vorstellungen entsprechend angepasst.

<i>Teilnehmer</i>	2 Pflegekräfte aus verschiedenen Pflegeeinrichtungen und 1 Student der TU München.
<i>Experiment Design</i>	In diesem „within-subjects design“ Experiment wird die Hypothese überprüft, ob das virtuelle Lineal durch das Halten der Finger der Pflegekraft neben die Wunde als Maßstab realisiert werden kann und somit das gebräuchliche Einmallineal weggelassen werden kann. Zusätzlich wird überprüft, ob die Eingabe der Patientendaten durch einen QR-Code Scanner sinnvoll ist. Der Prototyp wird dabei mit jeder Iteration den identifizierten Fehlern und Wünschen der Probanden angepasst.
<i>Ablauf</i>	Zu Beginn wird den Probanden der Prototyp erklärt. Dies beinhaltet die für die HoloLens typische Klickgeste (siehe Abbildungen 26 und 27), die prototypspezifischen Sprachbefehle und den allgemeinen Ablauf. Danach wird der Prototyp mit den Probanden mehrmals durchlaufen. Nach jeder Iteration wird mit den Probanden kurz besprochen, was sie für gut und was sie für schlecht befinden. Daraufhin wird auf die Vorschläge der Probanden reagiert und der Prototyp angepasst. Für den nächsten Durchlauf wird der angepasste Prototyp verwendet.
<i>Überblick</i>	Siehe Überblick Prototyp 1
<i>Erwartete Ergebnisse</i>	Das erwartete Ergebnis ist, dass der Prototyp alle von den Probanden gewünschten Anforderungen erfüllt.

Ergebnisse Experiment 1

Am meisten Probleme hatten die Probanden damit, die Finger richtig in das Bild, jedoch nicht über die Wunde zu halten. Ebenso gaben nach Abschluss des Experiments **alle** Probanden an, dass die Lösung, das derzeit gebräuchliche Einmallineal durch die Finger zu ersetzen, nicht

optimal ist. Im Gegenteil, die Probanden empfanden die Finger in einer realen Umgebung als störend auf dem Bild. Dies wurde unter anderem dadurch begründet, dass derzeit gelehrt wird, dass - sofern möglich - keine Fremdkörper auf der Fotodokumentation zu sehen sind. Die Sprachbefehle empfanden die Probanden im Allgemeinen als gut, jedoch wurde bemängelt, dass diese wiederum mit einem - wenn auch geringen - Lernaufwand verbunden sind.

(C) Paper-Prototyp 2: Distanzmessung mit Würfeln (Paper-GazeCubes)

Idee: Aufbauend auf dem Ergebnis, dass die Probanden ihre Finger während der Fotoaufnahme nicht ins Bild halten wollen, wurde ein zweiter Paper-Prototyp konstruiert. Hierbei wurde vor allem auf den Wunsch der Probanden eingegangen, das Maßstabsystem, welches auf die Distanzmessung zwischen den Fingern aufbaut, zu ersetzen. Um bei der grundsätzlichen Idee eines virtuellen Lineals zu bleiben, kam mir die Idee, zwei frei platzierbare Würfel zu benutzen (siehe Abbildung 13). Diese Würfel sollen die Endpunkte der auszumessenden Strecke markieren. Die technische Voraussetzung ist durch die HoloLens und das mit ihr mögliche Spatial Mapping gegeben. Damit die Blöcke als Lineal dienen, wird die Distanz zwischen beiden Blöcken gemessen und im Userinterface angezeigt. Hierdurch weiß der Benutzer immer, wie weit die Blöcke voneinander entfernt sind. Dabei kann die Strecke zwischen den Würfeln durch eine Linie (in diesem Paper-Prototyp wird diese Linie durch ein Stück Faden „simuliert“) besser kenntlich gemacht werden.

<p>Bestandteile</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plastikbrille • Bild von Wunde (siehe Abbildung 28) • Diverse Interface Mockups (siehe Abbildung 12) • Faden • QR-Code mit Patientendaten (siehe Abbildung 11) • Sprachbefehle
<p>Anwendung</p>	<p>Dieser Prototyp unterscheidet sich zu Paper-Prototyp 1 in einem Punkt. Hier wird ein „HoloLineal“ dadurch simuliert, dass der Benutzer über die Klick-Geste zwei verschiedene Blöcke im Raum platzieren kann. Dazu muss der Benutzer zunächst einen Block anvisieren. Sobald der Block anvisiert ist und der Benutzer die Klick-Geste ausführt, hat er den Block aufgenommen und kann diesen über seine „Line of Sight“ im Raum bewegen. Über eine zweite Klick-Geste wird der Block an der fixierten Stelle „fallengelassen“. Im Sichtbereich des Benutzers wird dann die Distanz zwischen den Blöcken angezeigt. Dies wird zusätzlich über einen Faden zwischen den Blöcken deutlich gemacht.</p>

Modifikatione n	Als Modifikation wurde eingeführt, dass statt dem Scannen eines QR-Codes die Patientendaten über eine simulierte HoloTastatur eingegeben werden kann. Dabei hält der Evaluator eine Tastatur in das Blickfeld des Probanden und betätigt bei jeder Klickgeste die anvisierte Taste. Diese Modifikation kann exakt so auch für andere Paper-Prototypen eingesetzt werden.
Überblick	 <p data-bbox="547 1182 1238 1249">Abbildung 13: Papierwürfel mit Schnur als Distanzmessung Quelle: Eigene Darstellung</p>

(D) Experiment 2: Distanzmessung mit Fingern gegen Distanzmessung mit Blöcken

Idee: Die Idee hinter diesem Experiment ist es, die Funktionalitäten einer Anwendung auf der HoloLens zur Fotodokumentation zu optimieren. Dadurch, dass die Probanden Probleme damit hatten, die Finger richtig zu platzieren und diesen Vorschlag ablehnten, da sich bei der Bildaufnahme ihre Finger im Bild befinden, ist das Ziel dieses Experiments, die entwickelte Alternativlösung gegen die erste Lösung zu testen. Da in diesem Test immer noch Paper-Prototypen zum Einsatz kommen, habe ich entschieden, wieder den offenen Dialog mit den Probanden zu suchen. Dies ermöglicht, schneller auf Wünsche und Fehler einzugehen. Da in der unmittelbaren Zukunft bereits eine Implementierung auf der HoloLens geplant war, wäre es an dieser Stelle zu aufwendig gewesen, die Prototypen auf Usability und andere Faktoren anhand von Fragebögen zu testen. Wie in Experiment 1 wurde das Gespräch mit den Probanden gesucht, ohne diese in eine Richtung zu beeinflussen. Des Weiteren entschied ich mich hier im Gegensatz zu Experiment 1 zu einem „between-subjects“ Design. Der Plan ist es, damit mit weniger Probanden mehr Funktionalitäten zeiteffizient testen zu können.

Teilnehmer	2 Pflegekräfte aus verschiedenen Pflegeeinrichtungen und 1 Student der TU München
Experiment Design	In diesem „between-subjects design“ Experiment werden die Prototypen verändert. Hierbei ist es durch das „between-subjects“ Design möglich, eine große Anzahl an Prototypen mit geringem Zeitaufwand zu testen. Es soll die Hypothese überprüft werden, ob die überarbeitete Lösung für das virtuelle Lineal den Probanden besser gefällt als die auf den Fingern basierende Lösung.
Ablauf	<p>Vor dem Beginn werden den Probanden jeweils zufällig zwei Prototypen mit unterschiedlichen Funktionalitäten zugeordnet und erklärt. Hierauf folgt die Testphase. Jeder Proband muss mit beiden Prototypen je eine Fotodokumentation basierend auf den Funktionalitäten durchführen. Diese Funktionalitäten sind wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scanbarer Code (QR-code) • Simulierte HoloTastatur • Distanzmessung mit den Fingern • Distanzmessung mit virtuellen Blöcken • Linie zwischen Blöcken – falls vorhanden <p>Nach jeder Benutzung der Prototypen haben die Probanden die Gelegenheit, ihre Meinung über den Prototypen gegenüber dem Evaluator zu äußern. Dabei gibt der Evaluator Anregungen durch offene Fragen, wie zum Beispiel, „Wie hat Ihnen die Anwendung gefallen?“ oder „Was könnte noch verbessert werden?“. Bei den gestellten Fragen wurde speziell auf die veränderten Komponenten eingegangen.</p>
Überblick	Die benutzten Prototypen setzen sich aus den verschiedenen Komponenten von Prototyp 1 und 2 zusammen.
Erwartete Ergebnisse	Das erwartete Ergebnis ist, dass der Prototyp alle von den Probanden gewünschten Anforderungen erfüllt.

Ergebnisse Experiment 2

In diesem Experiment befanden alle Probanden den QR-Code als sehr gute Lösung. Vor allem die Probanden, die in ihrem zweiten Prototyp die Eingabe der Patientendaten über die HoloTastatur hatten, bevorzugten – unabhängig von der Reihenfolge – den QR-Code. Die positiven Aspekte waren hier vor allem, dass Fehler vermieden werden, weil kein Einmallineal beschriftet werden muss und es deutlich Zeit spart (Der QR-Code wird einmal am PC angefertigt und anschließend immer wieder verwendet).

Der Vergleich für das Problem der Abstandsmessung fiel ähnlich deutlich aus. Dabei empfanden alle Probanden die Distanzmessung mit einem virtuellen Lineal als besser als die Lösung, bei der die Finger der Pflegekraft neben die Wunde gehalten werden. Hauptproblem bei der Lösung mit den Fingern war, dass ein Fremdkörper (die Finger der Pflegekraft) mit im Bild zu sehen ist.

Im Gegensatz zu den anderen Modifikationen fiel das Ergebnis im Vergleich zwischen dem virtuellen Lineal mit der Linie zwischen den Punkten und der gleichen Methode ohne Linie verhältnismäßig insignifikant aus. Dabei sprach sich kein Proband deutlich für oder gegen eine dieser Lösungen aus, noch wurde erwähnt, ob es mit oder ohne Linie besser oder schlechter wäre.

(E) Smartphone Prototyp mit Simplifier

Idee: Im Rahmen eines Workshops mit dem Simplifier von Ittizimo war es möglich, aus unterschiedlichen Bausteinen eine Applikation zu bauen. Dies nutzte ich, um meine bisher ermittelten Anforderungen in einem Smartphoneprototyp umzusetzen. Die Idee hinter diesem Prototyp war es, den Pflegekräften die Funktionalitäten eine Stufe näher an der HoloLens präsentieren zu können. Dies war insofern nötig, da sich vor allem die etwas älteren Pflegekräfte teilweise nicht in die Paper-Prototypen hineinversetzen konnten. Diese mangelnde Vorstellungskraft sollte durch diesen Smartphone Prototypen überwunden werden. Bei diesem Prototyp ist anzumerken, dass er sich auf die ermittelten Funktionalitäten für die HoloLens konzentriert und keine Kopie eines bestehenden Smartphone Wunddokumentationssystem sein soll.

Bestandteile	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone • Ittizimo Simplifier • Wunddokumentationsapp • QR-Code mit Patientendaten (siehe Abbildung 11)
Anwendung	<p>Nach dem Öffnen der App befindet sich der Benutzer im Startbildschirm. Hier wird er dazu aufgefordert, entweder den QR-Code mit den Patientendaten abzuscanen, oder direkt weiter zum nächsten Bildschirm zu wechseln. Entscheidet sich der Benutzer dazu, den QR-Code zu scannen, wechselt die Applikation zum QR-Scanner. Sobald sich der QR-Code im vorgegebenen Fenster befindet, wird er gescannt und die Applikation wechselt in den nächsten Bildschirm. Hier wird der Inhalt des QR-Codes in Textform wiedergegeben (Patientendaten). Außerdem wird der Benutzer von der Applikation dazu aufgefordert, ein Bild der Wunde zu machen. Über den Button „Foto aufnehmen“ wechselt die App in den Kameramodus. Nachdem der Benutzer das Foto gemacht hat, kann er das Bild akzeptieren (Häkchen) oder Ablehnen (X). Falls der Benutzer</p>

ablehnt, bleibt die Kamera im Fotomodus und er kann erneut ein Foto aufnehmen. Sobald das Foto zufriedenstellend ist, kann das Bild akzeptiert werden und die App wechselt in den dritten Bildschirm. Hier wird der Benutzer aufgefordert, Anmerkungen zur Wunde aufzuschreiben. Dies erfolgt über ein Textfeld. Über den Button „Eingabe beenden“ wechselt die App in den Endscreen. Dieser enthält sämtliche gesammelten Daten in der eingegebenen Reihenfolge im Überblick

Überblick

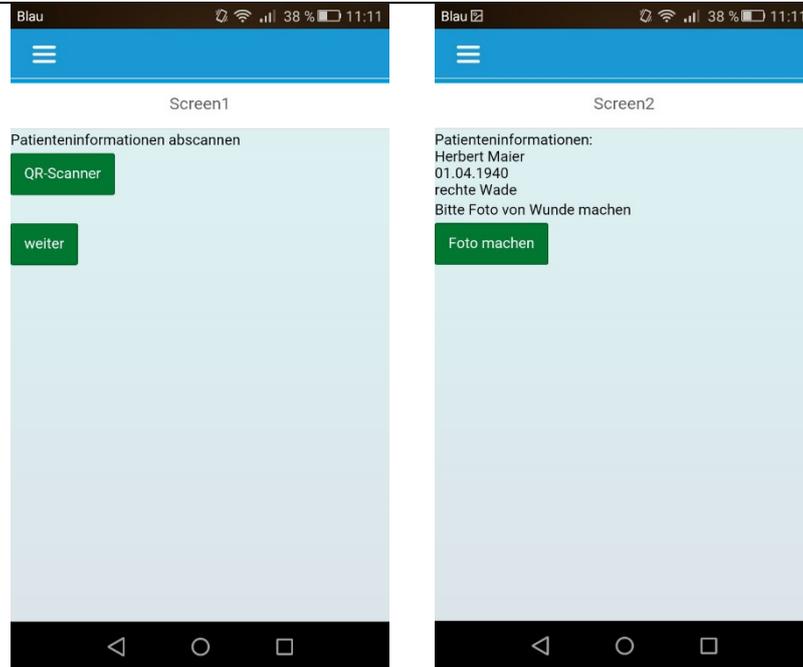


Abbildung 14: Screen 1 und 2 Simplifier App
Quelle: Eigene Darstellung

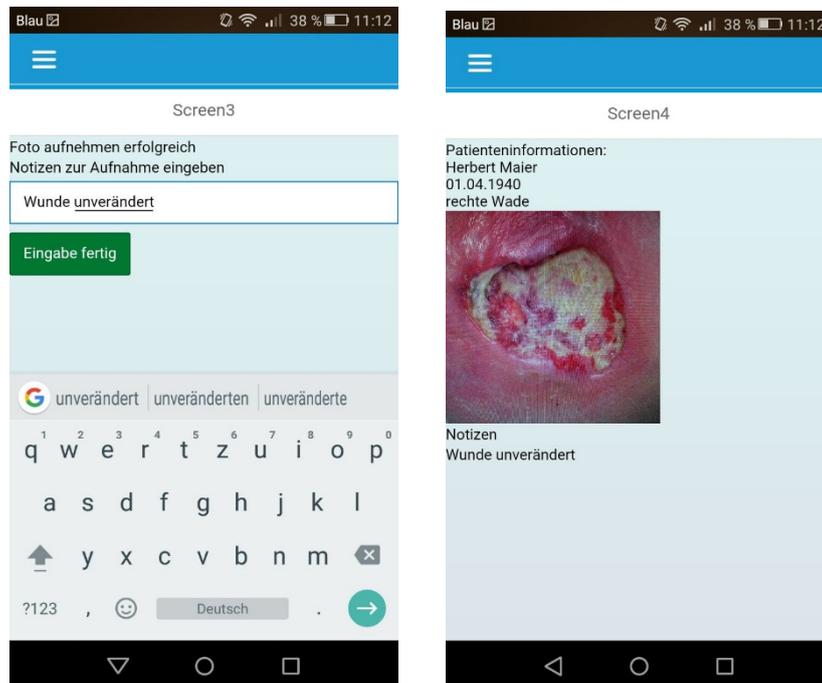


Abbildung 15: Screen 3 und 4 Simplifier App
Quelle: Eigene Darstellung

Ergebnisse

Mit diesem Prototyp wurde kein Test vollzogen. Er diente lediglich dazu, den Pflegekräften die Funktionalitäten eines Wunddokumentationssystems auf der HoloLens auf einer technisch höheren Ebene als den Paper-Prototypen präsentieren zu können. Die Pflegekräfte waren jedoch begeistert von einer Lösung für Smartphones. Diese Pflegekräfte verneinten die Frage, ob sie Systeme wie Epic Haiku oder MOWA kennen. Die Pflegekräfte wiesen darauf hin, dass ein solches Produkt für die mobile Pflege sehr praktisch wäre.

(F) Paper-Prototyp 3: Paper-GazeRuler

Idee: Die zentralen Erkenntnisse aus Experiment 3 haben gezeigt, dass die Probanden das virtuelle Lineal unter Benutzung der virtuellen Blöcke deutlich gegenüber der Benutzung der Finger bevorzugen. Durch eine Internetsuche zu dem Thema virtuelles Lineal konnte ich herausfinden, dass es dafür bereits eine Anwendung namens „GazeRuler“ für die HoloLens gibt (Microsoft, 2016). Diese ist im sogenannten „HoloToolkit-Unity“ – einer Sammlung von Scripten und Komponenten mit dem Hintergrund die Entwicklung von holografischen Anwendungen für die HoloLens zu beschleunigen – enthalten. Die Funktionsweise des sogenannten „GazeRuler“ ist ähnlich der der von mir entwickelten „GazeCubes“. Hier wird jedoch durch einen Airtap ein Punkt/eine Markierung im Raum (an die vom Benutzer anvisierte Stelle) platziert. Nach einem zweiten Airtap und somit einem weiteren Punkt werden diese beiden durch eine Linie verbunden. Zusätzlich wird an der Linie die Distanz zwischen den beiden Punkten angezeigt. Dieser Prototyp soll das Konzept des „GazeRuler“ in Papierform umsetzen.

Bestandteile	<ul style="list-style-type: none">• Plastikbrille• Bild von Wunde (siehe Abbildung 28)• Diverse Interface Mockups (siehe Abbildung 12)• Faden• Lineal• QR-Code mit Patientendaten (siehe Abbildung 11)• Sprachbefehle
Anwendung	Dieser Prototyp verzichtet auf die „GazeCubes“ und simuliert ein HoloLineal über ein echtes Lineal und ein Stück Bindfaden. Dabei fixiert der Benutzer den Punkt, den er als Startpunkt seines virtuellen Lineals wählt und führt die Klickgeste aus. Sobald er einen anderen Punkt fixiert und die Klickgeste erneut ausführt, erscheint eine Linie (ein Stück Bindfaden) zwischen den beiden Punkten. Der Operator misst daraufhin die Strecke zwischen den beiden Punkten aus, beschriftet ein Stück Papier mit der gemessenen Distanz und legt es an den Bindfaden. Durch den Sprachbefehl „Remove“ können die

	zuletzt erzeugten Punkte und Linien wieder gelöscht werden. Über den Sprachbefehl „Remove All“ können alle Punkte und Linien wieder gelöscht werden.
Überblick	 <p>Abbildung 16: Paper GazeRuler Quelle: Eigene Darstellung</p>

(G) Experiment 3: Paper-GazeCubes gegen Paper-GazeRuler

Idee: Experiment 3 hat gezeigt, dass die Probanden das virtuelle Lineal gegenüber der Finger Methode deutlich bevorzugen. Die Funktionsweise von „GazeRuler“ soll in diesem Experiment durch Paper-Prototyp 3 imitiert werden und mit der in Paper-Prototyp 2 eingeführten Methode „Gazecubes“ verglichen werden. Dieses Experiment soll herausfinden, welche Methode von den Probanden bevorzugt wird, damit eine erste Implementierung auf der HoloLens durchgeführt werden kann.

Teilnehmer	2 Pflegekräfte und 2 Studenten der TU München
Experiment Design	In diesem „within-subjects design“ Experiment werden die Prototypen für die gestellte Aufgabe verändert.
Ablauf	Vor Beginn werden den Probanden die Prototypen erklärt. Danach folgt die Testphase. In diesem Experiment besteht die Aufgabenstellung darin, dass jeder Proband eine Fotodokumentation mit beiden Prototypen durchführt. Um einen Lerneffekt ausschließen zu können, starten jeweils eine Pflegekraft und ein Student mit Prototyp 2 (Paper-GazeCubes) und die restlichen beiden Probanden mit Prototyp 3(Paper-GazeRuler). Das

	Vorgehen der Probanden orientiert sich hierbei an der Anwendung des jeweiligen Prototyps. Nach jeder Benutzung der Prototypen haben die Probanden die Gelegenheit, ihre Meinung über den Prototypen gegenüber einem Evaluator zu äußern. Dabei gab der Evaluator Anregungen durch offene Fragen, wie zum Beispiel, „Wie hat Ihnen die Anwendung gefallen?“ oder „Was könnte noch verbessert werden?“.
Erwartete Ergebnisse	Ziel dieses Experiments ist es herauszufinden, welche Methode für die Implementierung des virtuellen Lineals besser geeignet ist.

Ergebnisse

Die Probanden fanden im Allgemeinen die GazeCubes minimal besser als GazeRuler. Dennoch blieben die Aussagen der Probanden im Rahmen, sodass kaum eine signifikante Präferenz zwischen den beiden Methoden auszumachen war. Der Hauptkritikpunkt für GazeRuler war, dass diese Methode im Vergleich zu den GazeCubes nicht so schnell zu korrigieren ist. Diese leichte Korrigierbarkeit der GazeCubes wurde von allen Probanden gelobt.

(H) Nachbereitung der Fotodokumentation

Durch die Verfügbarkeit der HoloLens konzentriert sich diese Arbeit auf die Anforderungserhebung für Funktionalitäten der Fotodokumentation, da mit dieser die Möglichkeit besteht, ein virtuelles Lineal für den Einsatz in der Wunddokumentation zu realisieren. Dennoch ist die Nachbereitung der Daten am PC nach der Fotodokumentation ein fester Bestandteil des Ablaufs. Im Rahmen der Usertests war es mir möglich, mit dem Pflegepersonal unterschiedlicher Kliniken die Lösungen aktueller Wunddokumentationssoftware hinsichtlich der Nachbereitung der Daten zu testen und zu diskutieren. Anschließend versuchte ich gemeinsam mit den Personen, die Lösungen zu diskutieren. Dabei stellte ich zunächst offene Fragen, wie: „Wie gefällt Ihnen diese Lösung?“ oder „Was könnte an einer solche Lösung verbessert werden?“.

Die erste von mir vorgestellte Lösung orientiert sich an dem derzeitigen Vorgehen. Dabei nehmen die Pflegekräfte nach Abschluss der Wunddokumentation die HoloLens vom Kopf und begeben sich an ihren Arbeitscomputer. Dort wird die HoloLens per USB an den Computer angeschlossen. Hierzu sind jedoch einige technische Vorbereitungen zu treffen (Microsoft, 2017):

- Auf der HoloLens muss das „Windows Device Portal“ aktiviert sein.
- Auf dem Computer, der benutzt wird, um die HoloLens anzuschließen, muss Visual Studio mit den Windows 10 Developer Tools installiert sein

Wenn diese Anforderungen erfüllt sind, kann nachdem die HoloLens angeschlossen wurde, von einem Web-Browser über „<http://127.0.0.1:10080>“ auf das HoloLens Webinterface zugegriffen werden. Von hier aus können die aufgenommenen Bilder im Bereich „Mixed Reality Capture“ angesehen und auf den lokalen Rechner heruntergeladen werden. Ebenfalls können die Bilder dort von der HoloLens gelöscht werden. Nachdem die Bilder von der HoloLens

heruntergeladen wurden, können diese manuell in die Wunddokumentationssoftware eingefügt werden. Falls das Krankenhaus über keine Wunddokumentationssoftware verfügt, können die lokal gespeicherten Bilder auch direkt ausgedruckt und der Patientenakte beigelegt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Bilder direkt von der HoloLens auf den Computer zu verschieben, ist die HoloLens über Wi-Fi mit dem Computer zu verbinden (Microsoft, 2017). Dazu müssen folgende technische Voraussetzungen gegeben sein:

- Im Stationsbereich muss Wi-Fi verfügbar sein
- Die HoloLens und der Computer, mit dem sie verbunden werden soll, müssen sich im gleichen Netzwerk befinden.
- Auf der HoloLens muss das „Windows Device Portal“ aktiviert sein.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann die IP-Adresse der HoloLens in den Einstellungen herausgefunden werden. Mit dieser kann über einen Web-Browser über: „https://<HOLOLENS_IP_ADDRESS>“ auf das Webinterface der HoloLens verbunden werden. Das weitere Vorgehen stimmt mit dem der USB-Verbindung überein.

Eine Möglichkeit für den Datentransfer wäre die aufgenommenen Bilder, wie bei EpicHaiku (Epic Systems, 2017), direkt in die Patientenakte zu laden. Hierbei wäre es denkbar, die HoloLens bei Start der Wunddokumentationsapplikation mit dem Server der Klinik zu verbinden, auf dem die Patientendaten gespeichert sind. Dort werden diese nach Eingabe der Patientendaten und Aufnahme der Bilder der Patientenakte des Patienten beigelegt und von der HoloLens gelöscht. Hierzu wäre jedoch eine flächendeckende Wi-Fi Infrastruktur nötig. Da diese nicht in allen Krankenhäusern zur Verfügung steht, wäre auch eine asynchrone Lösung denkbar, bei der die HoloLens/die Wunddokumentationssoftware auf der HoloLens die Bilder auf den Server hoch lädt, sobald eine Verbindung hergestellt ist.

Auch möglich wäre, die aufgenommenen Fotos per E-Mail an die E-Mail-Adresse der Station zu schicken. Es wäre denkbar, die Bilder wie bei MOWA (Healthpath, 2011) der E-Mail als Anhang beizufügen. Anschließend können die Bilder der Mail entnommen und der Patientenakte beigelegt werden.

Dadurch, dass zusätzlich zur Fotodokumentation eine schriftliche Dokumentation stets empfohlen wird, entstand die Idee, dass die Pflegekräfte während der Fotodokumentation Sprachmemos mit der HoloLens aufnehmen können, um diese bei der Nachbereitung und Protokollierung noch einmal anhören zu können. Diese können mit den oben vorgestellten Methoden auf den Arbeitscomputer übertragen werden, oder vor dem Computer mit aufgesetzter HoloLens von dieser abgespielt werden. Bei beiden Methoden ist darauf zu achten, dass die Sprachaufnahme(n) nach Nutzung von der HoloLens gelöscht werden.

Den Pflegekräften gefielen alle vorgestellten Methoden bis auf das Versenden per E-Mail. Bei dieser Methode hatten die Pflegekräfte Bedenken bezüglich des Datenschutzes der Patienten. Am besten gefiel den Pflegekräften die direkte (synchrone oder asynchrone) Serververbindung, da hier das Anschließen der HoloLens und Übertragen der Daten entfällt und somit Zeit gespart wird. Für die Pflegekräfte wären aber auch die anderen Methoden denkbar. Die

Sprachaufnahme, um die schriftliche Nachbereitung für die Pflegekräfte zu vereinfachen, wurde von allen befragten Personen als eine gute Idee befunden.

(I) Ergebnisse des Paper-Prototyp-Design

Diese erste Testphase zur Überprüfung und Verbesserung der in der Literaturrecherche erhobenen Anforderungen hat zu mehreren Erkenntnissen geführt. Zunächst wurde die Eigenschaft des virtuellen Lineals von den Probanden für gut befunden, jedoch nicht in der ursprünglichen Form (Finger). Diese wurde weiterentwickelt und es haben sich zwei Methoden (GazeCubes und GazeRuler) ergeben, die von den Probanden als gut und intuitiv befunden wurden. Zwischen diesen beiden Methoden besteht kein signifikanter Unterschied in der Akzeptanz der Probanden, sodass beide für eine Implementierung in Betracht kommen. Für die Eingabe der Patientendaten hat sich die in der Literaturrecherche ermittelte Methodik einen QR-Code zu scannen bestätigt und gegen die Eingabe der Patientendaten auf einer HoloTastatur durchgesetzt.

Design der HoloLens Prototypen

In diesem Ergebnisteil wurden nur die Zusammenfassungen der Tests mit den Usern beschrieben. Eine ausführliche Dokumentation mit Zuordnung zu den Experimenten befindet sich im Anhang.

(J) Experiment 4: Geschwindigkeitstest und Usability-Test des entwickelten Prototyps zur kontinuierlichen Fotodokumentation

Idee: Nachdem die Anforderungserhebung mit den Paper-Prototypen abgeschlossen war, wurde nun zum ersten Mal mit den Probanden an der HoloLens getestet. Nachdem bisher sehr quantitativ und zeiteffizient nach den nötigen Funktionalitäten getestet wurde, soll jetzt qualitativ getestet werden, ob die Probanden die Fotodokumentation mit der HoloLens der klassischen Fotodokumentation im Feld bevorzugen könnten. Hierzu entwickelte ich eine Testumgebung, die einer realen Krankenhausumgebung sehr nahekommen sollte. Dabei wurden die Schritte der Wunddokumentation und des Verbandwechsels eliminiert, die in beiden Fällen, daher sowohl bei der klassischen Fotodokumentation als auch bei der Fotodokumentation mit der HoloLens durchgeführt werden müssen. Ebenso wird die Nachbereitung der Daten zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht getestet, da diese unter Verwendung der HoloLens genauso durchgeführt werden kann wie mit einer Digitalkamera (HoloLens wird an Computer angeschlossen, Bilder werden übertragen, Bilder werden von der HoloLens gelöscht). Aus den Experimenten mit den Paper-Prototypen ergab sich keine Präferenz für eine spezielle Methode, das virtuelle Lineal anzuwenden. Da aber die einfache Veränderbarkeit der GazeCubes von den Probanden gelobt wurde, entschied ich mich, diesen ersten Test mit einer Implementierung der GazeCubes durchzuführen (siehe Abbildung 31).

Daraus ergibt sich folgende Testhypothese:

Wenn Pflegekräfte in der kontinuierlichen Wunddokumentation vom beschriebenen klassischen Vorgehen der Fotodokumentation auf das vorgestellte Fotodokumentationssystem mit der HoloLens umsteigen, dann spart dies den Pflegekräften viel Zeit und der Vorgang wird keimfrei, da durch die Bedienung der HoloLens der mehrmalige langwierige Wechsel von Einmalhandschuhen mit Handdesinfektion überflüssig wird und die Pflegekraft nicht mit unsterilen Oberflächen (Digitalkamera) in Berührung kommt.

Teilnehmer	2 Pflegekräfte unterschiedlicher Pflegeeinrichtungen und 2 Studenten der TU München
Experiment Design	In diesem „within-subjects design“ Experiment werden die Prototypen für die Aufgabenstellung verändert.
Unabhängige Variablen	In diesem Experiment besteht die unabhängige Variable aus der Veränderung der Technologie (klassische Fotodokumentation vs. Fotodokumentation mit der HoloLens), mit der die Fotodokumentation durchgeführt wird.
Abhängige Variablen	Während und nach dem Test werden zwei Variablen gemessen: <ul style="list-style-type: none"> • Während des Tests wird von einem Evaluator die Durchlaufzeit gemessen, die ein Proband dazu benötigt die gestellte Aufgabe zu erfüllen • Des Weiteren wird die Usability der Prototypen gemessen. Die Probanden bekommen nach dem Abschließen ihrer Testaufgabe einen Fragebogen ausgehändigt, den sie ausfüllen sollen. Dieser Fragebogen misst den Wert auf der „System Usability Scale“ (SUS) der Anwendung basierend auf den Antworten der Probanden.
Ablauf	<p>Testumgebung: Bevor mit dem Test begonnen werden kann, muss die Testumgebung aufgebaut werden. In der Testumgebung wird auf einem Tisch in der Mitte des Raumes das Bild einer chronischen Wunde platziert, welches als Simulation für den Patienten dient. Für die Tests der klassischen Fotodokumentation und der Fotodokumentation mit der HoloLens wird die Testumgebung jeweils speziell angepasst.</p> <p>Für die klassische Fotodokumentation wird dem Probanden ein vorbereiteter (vereinfachter) Materialwagen zur Verfügung gestellt (Vergleiche Abbildung 18). Dieser beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine Box mit Einmal-Untersuchungshandschuhen • Eine Flasche mit Desinfektionsmittel • Mehrere Einmallineale • Einen Stift • Eine Digitalkamera <p>Für die Fotodokumentation mit der HoloLens wird der Materialwagen aus der Testumgebung entfernt und lediglich ein vorher erstellter QR-Code mit den nötigen Patientendaten auf Kopfhöhe an einer Seitenwand angebracht.</p>

Um den zeitlichen Ablauf und das Vorgehen der Probanden besser beurteilen zu können, befindet sich ein Evaluator mit einer Stoppuhr während des Tests im Raum.

Testphase:

Zunächst werden die Probanden so aufgeteilt, dass je zwei mit der klassischen Fotodokumentation starten und die anderen zwei mit der Fotodokumentation mit der HoloLens. Dies ist notwendig, um einen Lerneffekt ausschließen zu können.

Die klassische Fotodokumentation gestaltet sich wie im Kapitel Wunddokumentation, speziell Fotodokumentation beschrieben (vgl. Abbildung 6). Die Probanden starten in der Testumgebung mit bereits angezogenen Untersuchungshandschuhen. Zunächst muss ein Einmallineal mit den Patientendaten (bestehend aus: Name, Geburtsdatum, Wundort und Wundnummer) beschriftet und an der Wunde angebracht werden. Hierauf folgt der erste Handschuhwechsel (Handschuhe ausziehen, Hände desinfizieren, neue Handschuhe anziehen). Danach muss die Digitalkamera aufgenommen werden und ein Foto der Wunde nach geltenden Standards (Wunde muss 2/3 des Fotos einnehmen, Beschriftung Einmallineal gut leserlich, keine Störfaktoren im Bild) aufgenommen werden. Abschließend muss ein weiterer Handschuhwechsel vorgenommen werden.

Zwischen den beiden Methoden wird die Testumgebung entsprechend so angepasst, dass die andere Methode ohne Einschränkungen durchgeführt werden kann.

Bevor die Probanden mit der Fotodokumentation mit der HoloLens beginnen, wird den Probanden diese noch erklärt und sie haben die Gelegenheit das „Learn Gestures“ Tutorial von Microsoft auf der HoloLens „durchzuspielen“. Im Anschluss danach wird den Probanden die Applikation für die Fotodokumentation erklärt.

Zu Beginn müssen die Probanden den angebrachten QR-Code abscannen. Nachdem die Patientendaten eingeblendet werden, müssen die Probanden mit virtuellen Quadern, die beim Start der Applikation seitlich von Ihnen entstehen, die Wunde ausmessen. Die Quader können über die Klick-Geste ausgewählt werden und anschließend über eine weitere Klickgeste auf einer Oberfläche wieder abgesetzt werden. Abschließend müssen die Probanden über den Sprachbefehl „Take Picture“ ein Foto von der Wunde nach den gleichen Vorgaben wie bei der klassischen Fotodokumentation aufnehmen.

Überblick



Abbildung 17: HoloLens
Quelle: Microsoft (2015)

Für die Probanden zur Verfügung gestellte Materialien:



Abbildung 18: Verwendete Materialien Experiment 4
Quelle: Eigene Darstellung

***Erwartete
Ergebnisse***

Die Fotodokumentation mit der HoloLens dauert kürzer als die klassische Fotodokumentation.

Die Fotodokumentation mit der HoloLens ist aufgrund Ihrer freihändigen Steuerung absolut keimfrei im Gegensatz zu der klassischen Fotodokumentation.

Die Probanden stufen die Fotodokumentation mit der HoloLens als die Methode mit der besseren Usability ein.

Ergebnisse

Zusammenfassung Userverhalten klassische Wunddokumentation:

- Die Probanden hatten alle Probleme, nach der Handdesinfektion neue Handschuhe anzuziehen, da die Hände noch feucht waren. Die Pflegekräfte waren hier aufgrund der Erfahrung auf diesem Gebiet etwas schneller als die Studenten.
- Ein Proband hat ein Foto aufgenommen, auf dem die Wunde durch den Schatten seiner Hand verdeckt war. Dieses Bild wäre aufgrund der Unkenntlichkeit im Feld nicht zulässig.
- Ein Proband beschriftete das Einmalleinmal unsauber, wodurch das Bild im Feld nicht zulässig wäre.
- Ein Proband wischte sich die Hände nach dem Desinfizieren an der Hose trocken, da der Versuch, die neuen Handschuhe anzuziehen, scheiterte. Daraufhin ist die Pflegekraft nicht mehr keimfrei und stellt so eine Infektionsquelle für den Patienten dar.

Zusammenfassung Userverhalten Gaze Cubes:

- Die Probanden mussten mehrere Klickgesten zum Auswählen der Quader ausführen. Der Grund hierfür ist, dass die Probanden sehr aufgeregt schienen, mit der HoloLens zu arbeiten und nach Abschluss des Tutorials sofort „loslegen“ wollten. Hierbei fiel durch Beobachtung auf, dass die Probanden die Klickgeste während des Tutorials noch ordentlich ausführten, in der Testumgebung aber nur noch unsauber.
- Ein Proband fand die Quader nicht intuitiv und musste diese kurz suchen.
- Mehrere Probanden klagten, dass es anstrengend sei, den Arm die ganze Zeit für die Klickgeste auszustrecken.
- Ein Proband konnte die Quader nicht genau an den Wundrändern platzieren. Dies ist auf das unsaubere Ausführen der Klickgeste zurückzuführen. Der Proband versuchte zwei Mal, den Block abzulegen. Daraufhin funktionierte es beim dritten Mal durch eine Klickgeste. Danach schien es, als würde der Proband seine Ungenauigkeit nicht noch einmal korrigieren wollen.
- Ein Proband kam mit der HoloLens nicht zurecht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieser Proband Brillenträger ist.

Messergebnisse:

Durchlaufzeiten:

Während den Tests wurden für die Fotodokumentationen folgende Zeiten gemessen (Da ein Proband mit der HoloLens nicht zurechtkam und so keine Messung möglich war, wurden diese Messungen aus der Testreihe entfernt):

Zeit (klassisch)	Zeit (HoloLens)	Unterschied
1:58min	0:30min	1:22min
3:00min	0:27min	2:33min
2:11min	0:28min	1:43min

Tabelle 1: gemessene Durchlaufzeiten

Quelle: Eigene Erhebung

Damit ergibt sich für die klassische Fotodokumentation eine Durchschnittszeit von 2 Minuten und 23 Sekunden und für die HoloLens eine Durchschnittszeit von 28,3 Sekunden. Der Unterschied beider Methoden lag im Schnitt bei 1 Minute und 55 Sekunden. Eine Veranschaulichung der gesammelten Daten befindet sich in Tabelle 2.

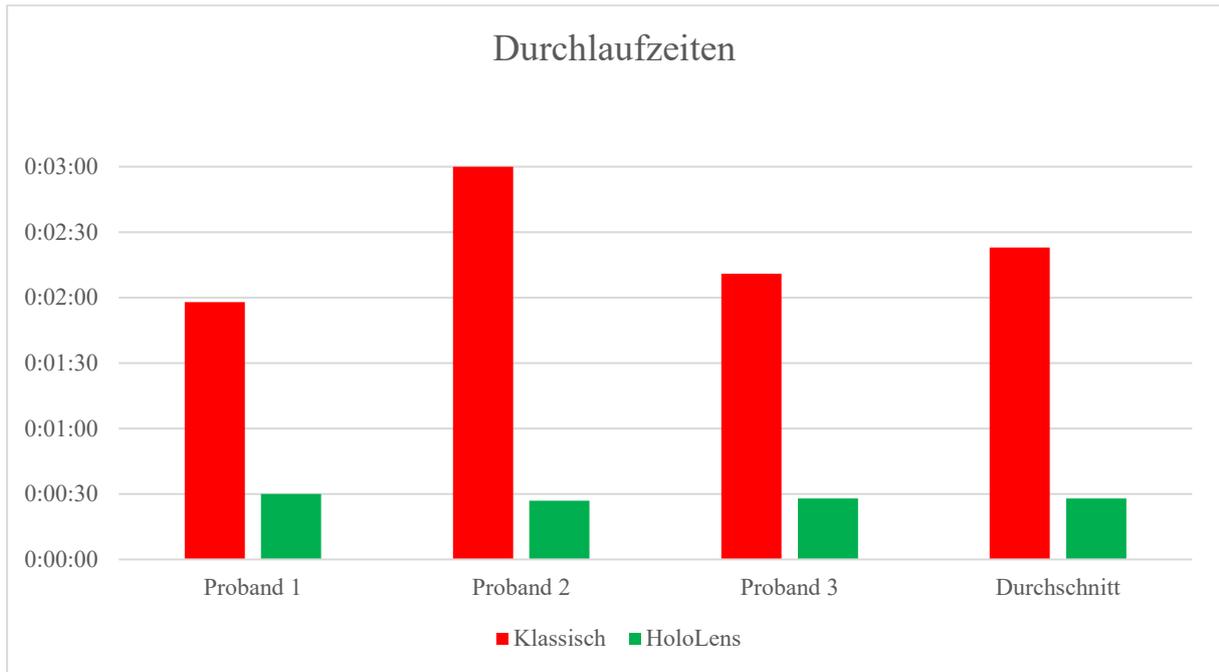


Tabelle 2: gemessene Durchlaufzeiten (Diagramm)

Quelle: Eigene Erhebung

System Usability Scale:

Die Auswertung des „System Usability Scale“ Fragebogens ergab für die Wunddokumentation mit der HoloLens einen Durchschnittswert von 86,7 Punkten. Dieser Wert liegt im Bereich einer ausgezeichneten Usability (Bangor et al., 2009) Diesem äußerst guten Wert steht ein maximal durchschnittlicher Wert von 58,3 Punkten für die klassische Wunddokumentation entgegen. Um im folgenden Diagramm die Ergebnisse besser veranschaulichen zu können, habe ich als Vergleich Werte für Systeme mit guter Usability (71,4) und Systeme mit ausgezeichneter Usability (85,5) nach Bangor, Kortum und Miller zusätzlich in Tabelle 3 eingefügt.

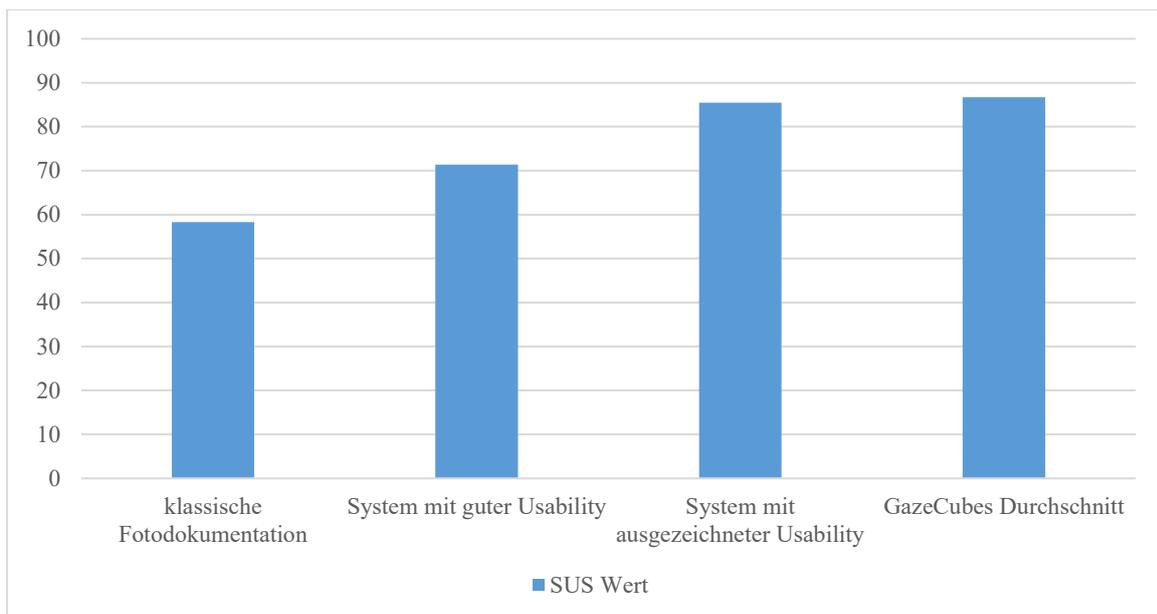


Tabelle 3: System Usability Scale Testergebnisse

Quelle: Eigene Erhebung

Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Ergebnisse übertreffen deutlich die Erwartungen, die ich vor dem Experiment definiert hatte. Sowohl die Zeitmessungen, als auch die Ergebnisse der SUS-Fragebögen bestätigten die erwarteten Ergebnisse. Die Keimfreiheit konnte insofern bestätigt werden, da die Probanden zu keinem Zeitpunkt der Fotodokumentation mit der Wunde, oder viel wichtiger, der HoloLens in Berührung kamen. Die Probleme, die die Probanden mit der HoloLens hatten, müssen jedoch genauer betrachtet werden. Die Probleme der Probanden mit der Klickgeste waren darauf zurückzuführen, dass die Probanden davor noch nie mit der HoloLens gearbeitet hatten. Meine Erwartungshaltung gegenüber weiteren Experimenten, an denen Probanden teilnehmen, die zuvor schon mit der HoloLens gearbeitet hatten ist, dass hier ein Lerneffekt eintreten wird und die Probanden diese Probleme in Zukunft nicht mehr haben werden. Die Probleme mit den Würfeln (nicht genau platziert und nicht intuitiv im Raum gefunden) sind in folgenden Experimenten zu überprüfen. Dabei ist eine Implementierung des GazeRuler gegen die aktuelle Implementierung der GazeCubes zu testen.

(K) Experiment 5: Genauigkeitstest – GazeCubes gegen GazeRuler

Idee: Das letzte Experiment lässt darauf schließen, dass die Probanden die Fotodokumentation mit der HoloLens der klassischen Fotodokumentation bevorzugen könnten. Um diese Hypothese bestätigen zu können, muss nun überprüft werden, ob die aus den Paper-Prototypen ermittelten Anforderungen, mit den Umsetzungen für die HoloLens übereinstimmen. Das letzte Experiment zu den Paper-Prototypen (Paper-GazeCubes gegen Paper-GazeRuler) hatte ergeben, dass die Probanden keine der beiden Methoden als signifikant besser befanden. Dieses Experiment dient dazu, die HoloLens Implementierung der GazeCubes gegen die des GazeRuler zu testen. Die Ergebnisse dieses Experiments sollen dazu verwendet werden, eine Basis für ein Experiment zu schaffen welches klären soll, inwieweit die Probanden dazu bereit wären, die HoloLens in der Fotodokumentation anstatt der klassischen Fotodokumentation einzusetzen.

Teilnehmer	1 Pflegekraft und 3 Studenten der TU München
Experiment Design	In diesem eindimensionalen „within-subject design“ Experiment werden die Prototypen verändert.
Unabhängige Variablen	In diesem Experiment besteht die unabhängige Variable aus der Veränderung der Funktionalitäten des Prototyps (GazeCubes vs. GazeRuler).
Abhängige Variablen	Während und nach dem Test werden zwei Variablen gemessen: <ul style="list-style-type: none">• Es werden die einzelnen Messungen der Probanden verwendet, um die Messgenauigkeit der Prototypen beurteilen zu können.

	<ul style="list-style-type: none"> • Des Weiteren wird die Usability der Prototypen gemessen. Die Probanden bekommen nach dem Abschließen ihrer Testaufgabe einen Fragebogen ausgehändigt, den sie ausfüllen sollen. Dieser Fragebogen misst den Wert der Anwendung auf der „<i>System Usability Scale</i>“ (SUS), basierend auf den Antworten der Probanden.
Ablauf	<p>Vor dem Beginn werden den Probanden die Prototypen erklärt. Die Probanden die noch nie mit der HoloLens gearbeitet haben, haben hierauf die Möglichkeit, das „Learn Gestures“ Tutorial von Microsoft durchzuspielen. Danach folgt die Testphase. Jeder Proband muss mit beiden Prototypen verschiedene Objekte ausmessen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ein 30cm Lineal + Ränder = 33cm • eine auf eine Wade aufgemalte „Wunde“ mit Länge 14cm • für den Geometrie Modus des GazeRuler zusätzlich ein DinA4 Blatt. <p>Um einen Lerneffekt ausschließen zu können, wurden den Probanden zufällige Reihenfolgen der Prototypen und Objekte zugeordnet. Die Aufgabenstellung gestaltet sich wie folgt:</p> <p>Zunächst müssen die Probanden einen QR-Code anvisieren und so die darin enthaltenen Patientendaten scannen. Hierauf gestaltet sich der Ablauf entsprechend den Prototypen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gazecubes (siehe Abbildungen 19 und 31): Der Ablauf dieses Prototyps wurde zu Experiment 1 nicht verändert. Wie dort beschrieben müssen die Probanden, nachdem die Patientendaten eingeblendet werden, mit virtuellen Würfeln, die beim Start der Applikation seitlich von Ihnen entstehen, die Wunde ausmessen. Einziger Unterschied zu Experiment 1 ist, dass die Sprachbefehle „Reset First“ und „Reset Second“ hinzugefügt wurden. Es war den Probanden freigestellt, diese zu benutzen. Damit können die Probanden die Würfel in ihr Sichtfeld zurücksetzen. Diese Würfel können über die Klickgeste ausgewählt werden und anschließend über eine weitere Klickgeste auf einer Oberfläche wieder abgesetzt werden. Abschließend müssen die Probanden über den Sprachbefehl „Take Picture“ ein Foto nach den gleichen Vorgaben wie bei der klassischen Fotodokumentation aufnehmen. • GazeRuler (siehe Abbildung 20, 29 und 30): Hier unterscheidet sich der Ablauf von dem der GazeCubes. Nach dem Start der Applikation müssen die Probanden ebenso wie bei den GazeCubes zunächst warten, bis die Patientendaten eingeblendet werden. Hierauf können die Probanden beginnen die vorgegebenen Objekte

auszumessen. Dazu platzieren sie am ersten Messpunkt über die Klickgeste einen Punkt. Am zweiten Messpunkt wird ebenso über die Klickgeste ein weiterer Punkt platziert. Hierauf erscheint zwischen den Punkten eine Linie mit der Distanz zwischen den Punkten. Sobald die Distanz über den Sprachbefehl „Take Picture“ ein Bild gemacht wurde, müssen sie die Punkte über den Sprachbefehl „Remove“ oder „Remove all“ wieder entfernen. Darauf bekommen die Probanden das zweite Objekt, das sie ausmessen müssen. Sobald alle Strecken gemessen sind, müssen die Probanden über den Sprachbefehl „Change Mode“ in den Geometrie Modus wechseln. Hiermit müssen sie die Fläche eines Din A4 Blattes ausmessen. Hierzu fixieren sie nacheinander die Ecken des Blattes (per Gaze) an und platzieren auf diesen per Klickgeste einen Messpunkt. Nachdem drei Punkte gesetzt sind, müssen sie die vierte Ecke anvisieren, die Klickgeste gedrückt halten (siehe Abbildung 27) und mit dem Sprachbefehl „Close“ die gemessene Fläche schließen. Daraufhin vervollständigt sich die Fläche und in der Mitte erscheint die Fläche in Quadratmetern zum Ablesen. Zuletzt müssen die Probanden auch hier ein Foto über den Sprachbefehl „Take Picture“ aufnehmen.

Während dem Test misst ein Evaluator die Durchlaufzeit der einzelnen Messungen. Nach dem Abschluss der Messungen für einen Prototyp bekommen die Probanden den Fragebogen ausgeteilt und können diesen in Ruhe ausfüllen.

Überblick

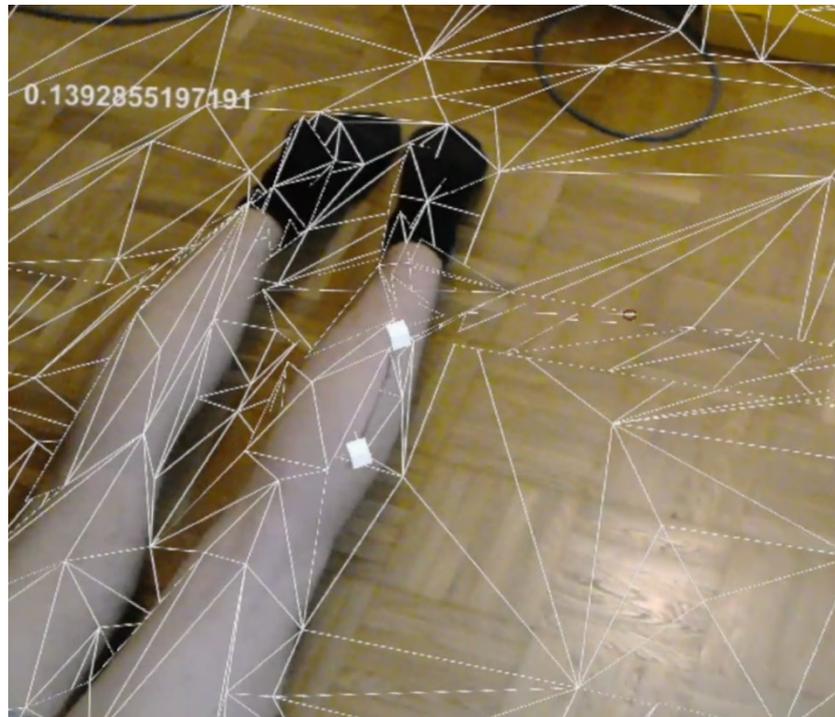


Abbildung 19: GazeCubes (Beispielhafte Darstellung)
Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 20: GazeRuler (Beispielhafte Darstellung)

Quelle: Eigene Darstellung

***Erwartete
Ergebnisse***

Die Hypothese für dieses Experiment ist, dass zwischen den Messgenauigkeiten der beiden Prototypen keine signifikanten Unterschiede bestehen. Außerdem kann aus den vorangegangenen Experimenten abgeleitet werden, dass die User GazeRuler zwar intuitiver finden, jedoch das Gefühl haben, die GazeCubes genauer setzen zu können.

Ergebnisse

Zusammenfassung Userverhalten GazeCubes:

- Das Hauptproblem für die Probanden bestand zunächst darin, die Würfel im Raum zu lokalisieren. Dies gelang einem Probanden erst mit Hilfe des Evaluators.
- Es war relativ schwierig für die Probanden, die Würfel über die Sprachbefehle zurückzusetzen. Dies war bei einem Probanden vor allem auf eine unsaubere Aussprache der Sprachbefehle zurückzuführen.
- Die Klickgeste bereitete schon wie zuvor den Probanden, die zum ersten Mal mit der HoloLens arbeiteten, leichte Probleme.
- Teilweise setzten die Probanden die Würfel unsauber ab, was zu Messfehlern führte. Lediglich ein Proband korrigierte leichte Fehler. Alle anderen Probanden korrigierten nur grobe Fehler.

Zusammenfassung Userverhalten GazeRuler:

- Ein großes Problem für die Probanden war, dass sich der Cursor bei sichtbarem Arm verändert (siehe Abbildung 21). Die Probanden sagten, es sei nicht intuitiv, dass die Handfläche der Hand die Markierungen setzt und nicht der ausgestreckte Zeigefinger.
- Ein Problem war, dass das Wechseln des Modus keine Rückmeldung gibt.
- Es ist durch die Applikation nicht direkt klar, dass die Probanden im Geometrie Modus die Punkte nur im Uhrzeigersinn setzen können, da ansonsten die Anzeige der Größe der Fläche spiegelverkehrt ist.
- Die Probanden korrigierten unsaubere Markierungen nicht, da sie ansonsten beide Markierungen neu setzen müssten.



Abbildung 21: Cursor GazeRuler
Quelle: Eigene Darstellung

Messergebnisse:

GazeCubes:

Obwohl die Probanden die Würfel teilweise unsauber platzierten, konnten für die Messgenauigkeit gute Werte erzielt werden. Die durchschnittliche Abweichung über alle gemessenen Werte lag dabei, bei 0,7cm. Die gemessenen Werte können Tabelle 4 entnommen werden.

Lineal	„Wunde-Bein“
32,3cm	14,5cm
33,0cm	13,2cm
34,3cm	13,3cm
32cm	14,6cm

Tabelle 4: Distanzmessung GazeCubes
Quelle: Eigene Erhebung

GazeRuler:

Line Mode:

Auch hier platzierten die Probanden die Würfel teils ungenau. Die durchschnittliche Abweichung für die mit dem GazeRuler gemessenen Werte lag bei 1,2 cm. Die gemessenen Werte können Tabelle 5 entnommen werden.

Lineal	„Wunde-Bein“
31,7cm	16,0cm
34,2cm	13,0cm
31,6cm	13,1cm
34,1cm	14,7cm

Tabelle 5: Distanzmessung Gazeruler (Linien Modus)
Quelle: Eigene Erhebung

Geometrie Modus:

Die durchschnittliche Abweichung im Geometrie Modus lag bei nur 0,3m². Die gemessenen Werte können Tabelle 6 entnommen werden.

DinA4 Blatt (0,62m²)
0,64m ²
0,61m ²
0,68m ²
0,65m ²

Tabelle 6: Distanzmessung GazeRuler (Geometrie Modus)
Quelle: Eigene Erhebung

System Usability Scale:

Die Ergebnisse dieses Experiments fielen etwas schlechter aus als das Ergebnis für die HoloLens in Experiment 1 (Anmerkung: Nach der Durchführung des Experimentes konnten von einem Probanden die SUS-Werte nicht erhoben werden). Mit Durchschnittswerten von 78,3 für die GazeCubes und 80,8 für das GazeRuler (für eine Veranschaulichung der erhobenen Werte siehe Tabelle 7) sind die Ergebnisse immer noch deutlich über einer guten Usability und fast im Bereich einer ausgezeichneten Usability. (Bangor et al., 2009)

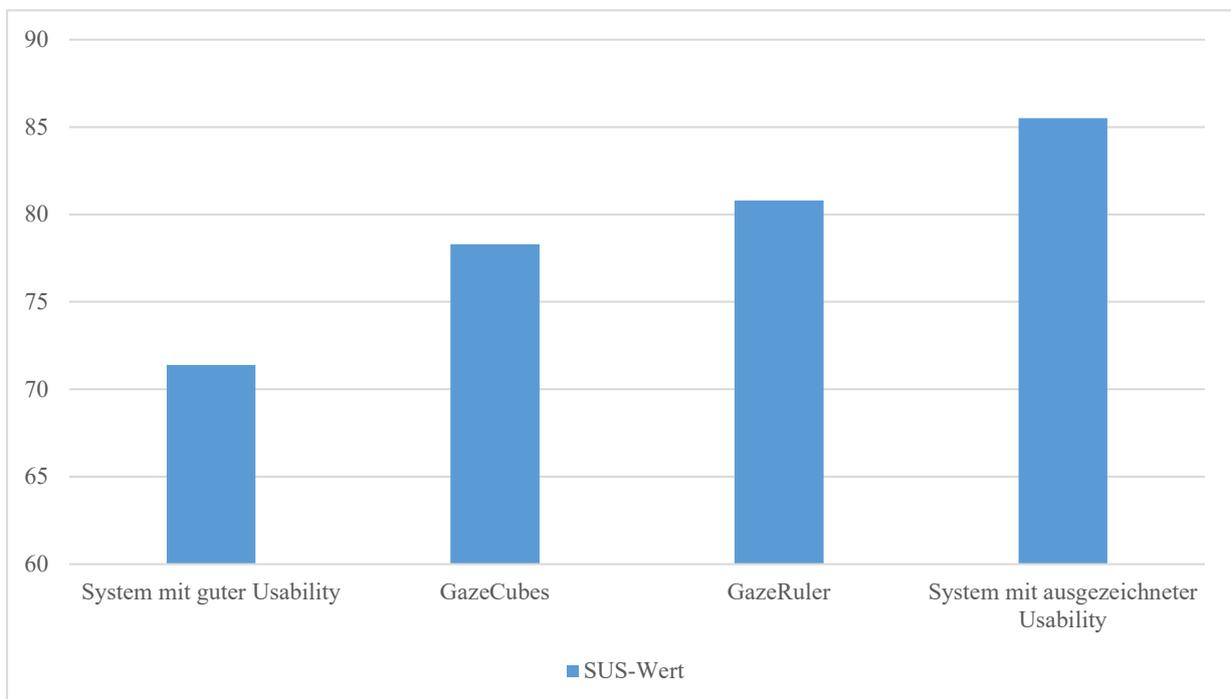


Tabelle 7: System Usability Scale Testergebnisse
Quelle: Eigene Erhebung

Zusammenfassung:

Auch in diesem Experiment stimmen die Ergebnisse mit der Erwartungshaltung überein. Zunächst ist zu den Werten zu sagen, dass der Unterschied der Messgenauigkeit zwischen den Prototypen so gering (0,5cm) ist, dass dieser als nicht signifikant einzustufen ist. Nachdem den Pflegekräften die Ergebnisse zum Thema Messgenauigkeit präsentiert wurden, waren diese positiv überrascht. Eine Abweichung von 0,7cm bzw. 1,2 cm sei normalerweise nicht im Rahmen, dennoch übertreffen diese Werte die Erwartungen an ein virtuelles Lineal auf einem Device wie der HoloLens. Bei diesen Werten sind mehrere Punkte zu beachten:

- Die Probanden hatten davor noch nie mit der HoloLens gearbeitet und lediglich das Tutorial „gespielt“. Von einer Häufigeren Nutzung der HoloLens ist ein positiver Lerneffekt zu erwarten, sodass die Abweichung mit der Zeit der Benutzung weniger werden sollte.
- Die Ergebnisse des GazeRuler sollten nach Anpassung des Cursors besser werden, da die Probanden hierdurch verwirrt waren.
- Bei bisherigen Methoden wird die Wunde mit einem Einmallineal ausgemessen, welches mehrere Zentimeter neben der Wunde angebracht ist und somit nur als Maßstab zu gebrauchen ist.

Interessant ist, dass die Usability Werte des GazeRuler, obwohl die Applikation nicht verändert wurde, unter denen des ersten Experiments lagen. In diesem Bereich schnitt das GazeRuler leicht besser ab als die GazeCubes. Zusätzlich dazu sind die Aussagen der Probanden während und nach den Aufgabenstellungen zu beachten. Mehrere Probanden äußerten, dass das GazeRuler deutlich intuitiver in der Anwendung sei als die GazeCubes. Positiv für die GazeCubes spricht, dass sich Fehler leichter korrigieren lassen, da der Würfel lediglich noch einmal aufgenommen werden muss und nicht beide gesetzten Markierungen wieder entfernt werden müssen. Der Geometrie Modus wurde von allen Probanden als interessante Funktion befunden, die deutlich genauer ist als erwartet.

(L) Experiment 6: Userakzeptanztest

Idee: Nach dem Überprüfen der nötigen Funktionalitäten zur Fotodokumentation auf der HoloLens (siehe Experiment 1), stellt sich die Frage, inwiefern Pflegekräfte bereit sind, die Fotodokumentation in Zukunft mit der HoloLens anstatt mit der bisher üblichen klassischen Wunddokumentation durchzuführen.

Teilnehmer	Testen und validieren von Ablauf und Design des Experiments: <ul style="list-style-type: none">• 2 Studenten und Mitarbeiter der TU München Durchführung des Experiments: <ul style="list-style-type: none">• 5 Pflegekräfte aus Krankenhäusern, Altenpflegeeinrichtungen und der mobilen Krankenpflege.
-------------------	--

Experiment Design	In diesem „within-subjects design“ Experiment wird die Technologie (klassische Fotodokumentation gegen Fotodokumentation mit der HoloLens) verändert.
Unabhängige Variablen	Die unabhängige Variable in diesem Experiment ist die Technologie (klassische Fotodokumentation gegen Fotodokumentation mit der HoloLens).
Abhängige Variablen	<p>Es ist vorgesehen, verschiedene Variablen zu messen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Während der Testphase wird die Durchlaufzeit der beiden Methoden gemessen. 2) Nach der Testphase erhalten die Probanden mehrere Fragebögen: <ol style="list-style-type: none"> a) Der eine Fragebogen ermittelt den Wert auf der <i>System Usability Scale (SUS)</i> der Anwendungen. Hiermit ist beabsichtigt, die Usability der Anwendung zu messen. b) Der andere Fragebogen ermittelt den <i>NASA Task Load Index</i> (kurz: NASA-TLX). Hiermit wird die Beanspruchung der Probanden durch die jeweilige Aufgabe beurteilt
Ablauf	<p>Der Ablauf des Experiments besteht aus zwei Teilen: Der klassischen Fotodokumentation und der Fotodokumentation mit der HoloLens. Diese werden von den Probanden nacheinander ausgeführt. Um einen Lerneffekt auszuschließen, startet eine Hälfte der Probanden zunächst mit der klassischen Fotodokumentation und die andere Hälfte mit der Fotodokumentation mit der HoloLens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die Fotodokumentation mit der HoloLens werden die Testprobanden an einen PC gesetzt, der sich außerhalb des „Patientenzimmers“ befindet. An diesem geben sie in eine vorgegebene Eingabemaske die Patientendaten, bestehend aus Patientennamen, Patientenidentifikationsnummer, Geburtsdatum des Patienten, Wundort und Wundnummer ein. Das Programm erzeugt hieraus einen QR-Code, den der Proband im „Patientenzimmer“ anbringen muss. Anschließend bekommt der Proband die HoloLens aufgesetzt und betritt das „Patientenzimmer“. Hieran schließt der Ablauf der Fotodokumentation mit der HoloLens aus dem letzten Experiment an. Der Proband hat die Aufgabe, zunächst den QR-Code mit der HoloLens abzuscannen. Danach muss die Wunde vom Probanden mit der HoloLens vermessen und fotografiert werden. Hierbei wird simuliert, dass die Bilder nach der Aufnahme von der Applikation direkt auf den Stationscomputer übertragen werden. Abschließend muss der Proband die Bilder am Computer in die Maske einfügen und abspeichern. • Für die klassische Fotodokumentation starten die Probanden ebenfalls in einem Nebenraum. Dort tragen sie die vorbereiteten (aber abgeänderten) Daten ebenfalls in eine Eingabemaske ein. Hierauf folgen die Schritte der klassischen Fotodokumentation wie bereits im letzten Experiment. Abschließend muss auch hier der Proband die Fotos in die Maske einfügen. Hierzu wird die Kamera an den PC angeschlossen und die Bilder hochgeladen.

	Nach jedem Test bekommen die Probanden die Fragebögen ausgehändigt und können diese in Ruhe ausfüllen. Für den NASA-TLX wird der Fragebogen anschließend noch gemeinsam mit einem Evaluator gewichtet.
<i>Erwartete Ergebnisse</i>	Es wird erwartet, dass die Durchlaufzeit der Wunddokumentation mit der HoloLens unter der der klassischen Wunddokumentation liegt, obwohl der Aufgabenumfang der Wunddokumentation mit der HoloLens größer ist. Auch wird erwartet, dass die Usability der HoloLens höher ist und die Beanspruchung durch die HoloLens niedriger.

Ergebnisse

Zusammenfassung Userverhalten:

Bei der klassischen Fotodokumentation hatten die Probanden wie in den anderen Experimenten vor allem Probleme mit den Handschuhwechseln. Das Hauptproblem dabei war es, nach der Handdesinfektion ein neues paar Handschuhe anzuziehen. Viele Probanden sahen sich hier in einer Prüfungssituation und versuchten dadurch, die vorgegebene Aufgabe sehr schnell zu erledigen. Dies führte dazu, dass die Probanden nicht warteten, bis das Handdesinfektionsmittel eingezogen war, sondern versuchten mit noch feuchten Händen, die Handschuhe wieder anzuziehen. Dies kostete in diesem Experiment den Probanden nicht nur Zeit, sondern war auch hygienisch bedenklich. Ein weiteres Problem war, dass ein Proband nach dem Handschuhwechsel die Kamera in die Hände nahm und danach mit den gleichen Handschuhen den Patienten/das Einmalleal berührte. Ein vermeidbares aber wieder auftretendes Problem stellte das Beschriften des Einmalleals dar. Wie in anderen Experimenten davor beschrifteten Probanden das Lineal unsauber, sodass dieses auf den Bildern hinterher nicht lesbar war.

Bei diesem Experiment unterliefen den Probanden bei der Verwendung der HoloLens deutlich weniger Fehler als in anderen Experimenten davor. Verwirrend war für die Probanden, dass die Applikation im derzeitigen Entwicklungsstand nicht anzeigt, in welchem Modus sich der Proband befindet. (Linien Modus oder Geometrie Modus). Ebenso war weiterhin verwirrend, dass der Cursor sich zu einer Hand verändert, die jedoch die Markierungen nicht mit dem ausgestreckten Zeigefinger, sondern mit der Handfläche platziert.

Messergebnisse:

Durchlaufzeiten:

Die in diesem Experiment gemessenen Durchlaufzeiten können den Tabellen 8-12 entnommen werden.

Die Durchlaufzeiten müssen in drei Phasen unterschieden werden:

- Vorbereitung der Wunddokumentation:

Hierzu zählen bei der Wunddokumentation mit der HoloLens die Eingabe der Patientendaten in den Computer, das Ausdrucken des QR-Codes und das Anbringen des QR-Codes im Patientenzimmer. Bei der klassischen Wunddokumentation müssen die Daten lediglich in den Computer eingegeben werden.

Zeit (klassisch)	Zeit(HoloLens)
0:26min	1:12min
0:22min	0:59min
0:17min	1:01min
0:31min	1:15min
0:26min	1:06min

Tabelle 8: Durchlaufzeiten - Vorbereitung Wunddokumentation

Quelle: Eigene Erhebung

- Fotodokumentation

Hierzu zählt der gesamte Ablauf des Experiments, der nach dem Anbringen des QR-Codes (in der Wunddokumentation mit der HoloLens) bzw. nach der Eingabe der Patientendaten (bei der klassischen Wunddokumentation) im Patientenzimmer stattfindet.

Zeit (klassisch)	Zeit(HoloLens)
2:48min	0:25min
3:12min	0:32min
4:01min	0:27min
2:50min	0:27min
1:59min	0:30min

Tabelle 9: Durchlaufzeiten: Fotodokumentation

Quelle: Eigene Erhebung

- Nachbereitung der erhobenen Daten

Hierzu zählen alle Handlungen der Probanden, die der Nachbereitung der erhobenen Daten dienen (Einfügen der Bilder in die elektronische Patientenakte, Löschen der lokalen Bilder, etc.).

Zeit (klassisch)	Zeit(HoloLens)
0:20min	0:17min
0:19min	0:24min
0:23min	0:21min
0:21min	0:28min
0:18min	0:24min

Tabelle 10: Durchlaufzeiten - Nachbereitung
Quelle: Eigene Erhebung

- Gesamtzeiten:

Diese Zeiten ergeben sich, wenn die Teilzeiten jedes Probanden zusammengezählt werden.

Zeit (klassisch)	Zeit(HoloLens)
3:34min	1:54min
3:53min	1:55min
4:41min	1:49min
3:42min	2:10min
2:43min	2:00min

Tabelle 11: Gesamtdurchlaufzeiten
Quelle: Eigene Erhebung

Durchschnittszeiten:

Diese Durchschnittszeiten ergeben sich aus den Teildurchlaufzeitenzeiten aller Probanden und den Gesamtzeiten aller Probanden (diese Werte sind auf die Zehntelstelle gerundet).

Bereich:	Zeit (klassisch)	Zeit(HoloLens)
Vorbereitung	0:24,4min	1:06,6min
Fotodokumentation	2:58,0min	0:28,2min
Nachbereitung	0:20,2min	0:22,8min
Gesamt	3:42,6min	1:57,6min

Tabelle 12: Durchschnittszeiten
Quelle: Eigene Erhebung

Usability:

Der Durchschnitt der Werte auf der *System Usability Scale* für die Wunddokumentation auf der HoloLens beträgt 78,5. Für die klassische Wunddokumentation konnte in diesem Experiment kein Wert erhoben werden, da es mehreren Probanden in diesem Experiment nicht möglich war, diverse Fragestellungen im Fragebogen auf die Aufgabenstellung der klassischen Wunddokumentation zu übertragen. Probleme für die Probanden stellten die Fragen „Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen der Anwendung gut integriert sind“ und „Ich finde, dass es in der Anwendung zu viele Inkonsistenzen gibt“ dar.

Beanspruchung:

Die Beanspruchung der Probanden wurde anhand des *NASA-TLX* Fragebogens ermittelt. Hier lag der Durchschnittswert für die Wunddokumentation mit der HoloLens bei 39,58. Im Gegensatz dazu lag der Wert für die klassische Fotodokumentation bei durchschnittlich 55. Nachdem es keine standardisierte Norm für die Interpretation der Beanspruchung gibt, können nur diese beiden Werte miteinander verglichen werden. Hierbei ist davon auszugehen, dass die Probanden der klassischen Fotodokumentation eine mittlere Beanspruchung zuordnen und der Fotodokumentation eine leicht darunterliegende.

Zusammenfassung Ergebnisse des Experiments:

Obwohl die Vorbereitung der Wunddokumentation mit der HoloLens länger dauert (im Schnitt mehr als doppelt so lang) als die Vorbereitung für die klassische Wunddokumentation, war die Gesamtzeit der Wunddokumentation mit der HoloLens trotzdem deutlich schneller. Zu beachten ist hier, dass die Vorbereitung – das Eingeben der Patientendaten in den Computer – bei beiden Methoden nach der initialen Eingabe entfällt. Dadurch, dass bei der Nachbereitung der Daten kein signifikanter Zeitunterschied besteht (bezogen auf dieses Laborexperiment), besteht bei der kontinuierlichen Wunddokumentation ein noch größerer Zeitunterschied zwischen den Methoden.

Der durchschnittliche SUS-Wert in diesem Experiment (78,5) liegt im Bereich der SUS-Ergebnisse aus dem Experiment, welches die GazeCubes mit GazeRuler verglich (78,3 und 80,8). Interessant ist der Vergleich zu Experiment 4, welches die klassische Fotodokumentation mit der Fotodokumentation auf der HoloLens verglich. Hier liegt der in diesem Experiment erzielte SUS-Wert (86,7) deutlich über dem jetzt erzielten.

Die Probanden schätzen auch die Beanspruchung im Hinblick auf die Arbeitslast mit der HoloLens als niedriger (39,58) ein. Der klassischen Wunddokumentation ordneten die Probanden eine mittlere Beanspruchung (55) zu. Hierzu erklärten Probanden auf Nachfrage, dass sie die Beanspruchung durch die klassische Wunddokumentation als eine mittlere Belastung einstufen würden.

Auffällig in diesem Experiment war, dass den Probanden im Allgemeinen weniger Fehler im Umgang mit der HoloLens unterliefen als in den Experimenten davor.

Diskussion

Die Ergebnisse der Experimente haben gezeigt, dass die Wunddokumentation mit der HoloLens gegenüber der klassischen Wunddokumentation Vorteile mit sich bringt. In allen Tests konnten die Probanden die gestellten Aufgaben mit der HoloLens schneller erfüllen als auf herkömmliche Weise. Die Usability der HoloLens konnte durch die hohen Werte, die durch Fragebögen auf der *System Usability Scale* erzielt wurden, nachgewiesen werden. Über alle Experimente ergab sich ein Durchschnittswert von 80,7 (vergleiche Tabelle 13). Dies entspricht nach Bangor (Bangor et al., 2009) einer guten bis ausgezeichneten Usability. Auch die Beanspruchung der Probanden durch die Verwendung der HoloLens in der Wunddokumentation ist niedriger als die Beanspruchung unter Verwendung der klassischen Methode.

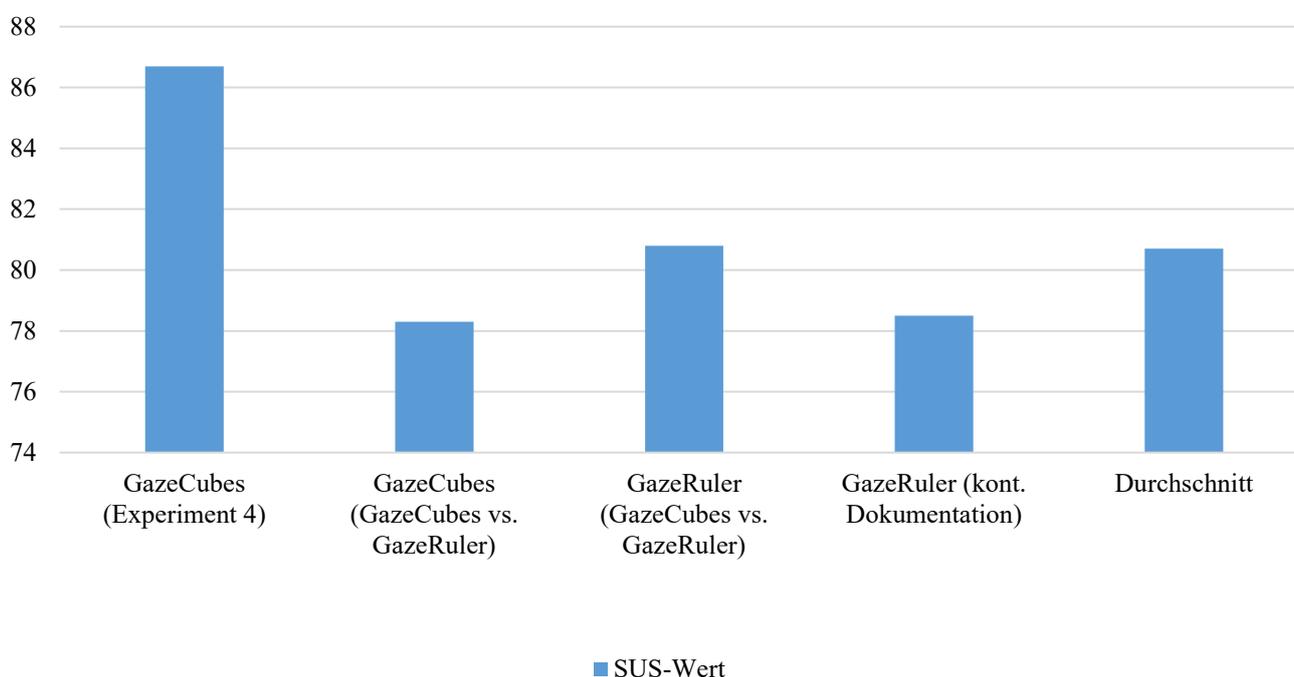


Tabelle 13: System Usability Scale Testergebnisse
Quelle: Eigene Erhebung

Diese Ergebnisse lassen sich auf das *Technology Acceptance Modell*⁵ auch **TAM** (Davis Jr, 1986) genannt anwenden. Mit diesem Modell können Prognosen zur Akzeptanz neu eingeführter Technologien getroffen werden. Das Modell besagt, dass die Verwendung neuer Technologien von der Einstellung gegenüber der Nutzung („Attitude towards Using“ - A) abhängt. Diese Einstellung ist von zwei Faktoren abhängig:

- Der wahrgenommene Nutzen („Perceived Usefulness“ - PU): Der Grad, zu welchem ein Nutzer glaubt, seine Arbeitsleistung könne durch die Nutzung eines bestimmten Systems gesteigert werden.
- Der wahrgenommene Bedienkomfort („Perceived ease-of-use“ - PEOU): der Grad, zu welchem ein Nutzer glaubt, die Benutzung eines bestimmten Systems würde physisch und mental gesehen ohne größeren Aufwand möglich sein.

⁵ Zu Deutsch: Technologieakzeptanzmodell

Zusätzlich muss die Verhaltensabsicht („Behavioral Intention“ - BI) betrachtet werden. Davis schreibt, dass der Verwendung der Technologie eine Verwendungsabsicht des Benutzers vorausgeht. So kann die Verwendungswahrscheinlichkeit eines Nutzers in Bezug auf eine nicht akzeptierte Technologie steigen, wenn er die Verbesserung seiner Arbeitsleistung erkennt.

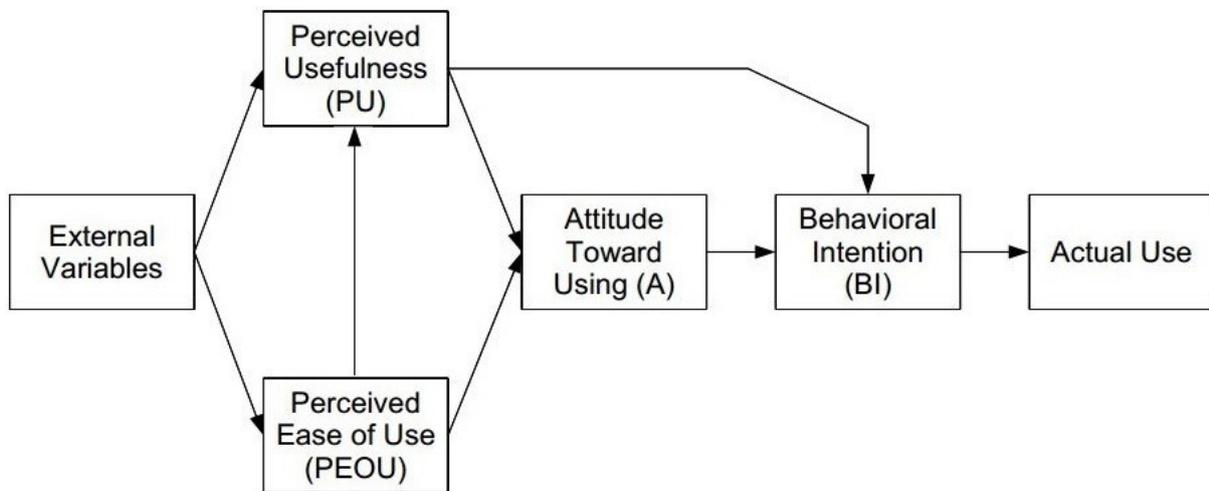


Abbildung 22: Technology Acceptance Modell

Quelle: In Anlehnung an Davis Jr (1986) aufgerufen von: Universität Hildesheim

Angewandt auf die Wunddokumentation mit der HoloLens kann der wahrgenommene Nutzen der Methode (PU) durch eine schnellere Durchlaufzeit und eine niedrigere Arbeitslast dargestellt werden. Diesen Größen liegen die Ergebnisse der Experimente zugrunde. In den Fragebögen gaben die Probanden ihre subjektive Einschätzung der Arbeitslast der Methoden an. Die Durchlaufzeiten beeinflussen den wahrgenommenen Nutzen der Probanden insofern, da die Differenz der Durchlaufzeiten derart groß ist, dass diese bewusst von den Probanden wahrgenommen wurde. Der wahrgenommene Bedienkomfort (PEOU) der Methode kann durch die Werte auf der *System Usability Scale* dargestellt werden. Alle in den Experimenten erhobenen Größen fielen im Vergleich zu der klassischen Fotodokumentation positiv aus (schnellere Durchlaufzeit, höherer SUS-Wert, niedrigere Beanspruchung). Davon ist abzuleiten, dass die Probanden sowohl den wahrgenommenen Bedienkomfort (PU), als auch den wahrgenommenen Nutzen (PEOU) als positiv einschätzen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Probanden als Gruppe eine positive Einstellung gegenüber der Nutzung des Systems (A) haben. Zusätzlich konnten die Probanden auf den Fragebögen offene Fragen ausfüllen. Auf die Frage: „Wie hat Ihnen die Anwendung gefallen?“ wurden folgende (ausgewählte) Antworten gegeben:

„Die Anwendung war intuitiv zu verstehen und einfach anzuwenden. Ich kann mir gut vorstellen, dass so sehr viel Zeit gespart werden kann“

„War cool und schnell zu lernen“

„Sehr gut, da es relativ leicht war die Blöcke schnell und genau zu platzieren“

Aufgrund der positiven Aussagen der Probanden kann auch von einer positiven Verhaltensabsicht (BI) gegenüber dem neuen System ausgegangen werden.

Mit diesen Ergebnissen kann eine Prognose zur Akzeptanz gegenüber der Wunddokumentation mit der HoloLens getroffen werden. Nachdem alle Faktoren mit positiven Ergebnissen belegt

werden können, kann davon ausgegangen werden, dass Pflegekräfte die Wunddokumentation mit der HoloLens an ihrem Arbeitsplatz einsetzen.

Durch die Weiterentwicklung der Anwendung können häufig auftretende Fehler der Probanden vermieden bzw. eliminiert werden. Zunächst ist es sinnvoll, bei der Anwendung des virtuellen Lineals beide vorgestellten Methoden zusammenzuführen. Der Grund hierfür ist, dass beide Methoden teilweise Schwächen aufzeigten, die durch die Verwendung von Komponenten der anderen Methode vermieden/ausgebessert werden können. Häufige Fehlerquellen waren hier:

- Der verändernde Cursor und die damit verbundene Hand, welche die Markierungen nicht an der virtuellen „Fingerspitze“, sondern mit der Handfläche platziert. (GazeRuler)
- Die Markierungen konnten, nachdem sie platziert worden waren, nicht mehr verändert werden. (GazeRuler)
- Die Probanden hatten Probleme, nach Start der Applikation die Würfel im Raum zu finden (GazeCubes)
- Keine Rückmeldung, in welchem Modus das System ist (GazeRuler)

Neben diesen Hauptfehlerquellen gab es auch besonders positive Komponenten für die Probanden:

- Die einfache Veränderbarkeit der Würfel (GazeCubes)
- Der QR-Code Scanner (beide Methoden)
- Der einfache Sprachbefehl, um Bilder aufzunehmen („Take Picture“; beide Methoden)
- Die intuitive Handhabung des GazeRuler
- Der Geometrie Modus des GazeRuler

Aus diesen Ergebnissen lassen sich Implikationen für die Gestaltung eines Wund-/Fotodokumentationssystem für die HoloLens treffen. Ein weiterentwickeltes System sollte auf der Basis folgender Komponenten aufbauen:

- QR-Code Scanner
- Grundlegende Handhabung von GazeRuler: Hierzu gehört das Platzieren von Markierungen und die Anzeige der Distanz durch eine Linie mit der Distanz in Zentimetern
- Der Geometrie Modus des GazeRuler
- Ein Änderungsmodus, in dem sich die gesetzten Markierungen anklicken, dadurch aufnehmen und neu platzieren lassen (Funktionsweise, wie GazeCubes)
- Fotoaufnahme durch einen einfachen Sprachbefehl
- Mehr Rückmeldungen des Systems (Einblendung, in welchem Modus sich der Benutzer befindet; Anzeige, wenn ein Bild aufgenommen wurde)

Dieses weiterentwickelte Konzept beinhaltet alle positiv getesteten Komponenten der Wunddokumentation mit der HoloLens.

Fazit

Die Wunddokumentation mit der HoloLens ermöglicht Pflegekräften, die Wunddokumentation freihändig und dadurch keimfrei und schneller durchzuführen als auf herkömmliche Weise. In dieser Arbeit wurde ein Konzept für die freihändige Wunddokumentation mit der HoloLens erarbeitet und mit Pflegekräften aus unterschiedlichen Einrichtungen getestet.

Die erhobenen Daten zeigen, dass den Probanden vor allem der Einsatz des virtuellen Lineals sehr gut gefiel. Hierdurch konnte die von Aldaz (Aldaz et al., 2015) ermittelte Präferenz von Pflegekräften für ein virtuelles Lineal (bei Aldaz: digitales Lineal) bestätigt werden. Ebenfalls konnte die sehr starke Präferenz für die Eingabe der Patientendaten über einen QR-Code (bei Aldaz: Barcode) Scanner bestätigt werden. Prototypübergreifend konnte festgestellt werden, dass die Probanden die Wunddokumentation mit der HoloLens gegenüber der klassischen Wunddokumentation präferierten.

Nachdem diese Arbeit eine zeitliche Limitation von vier Monaten hatte, konnten einige Tests nicht umfangreicher durchgeführt werden. Für zukünftige Arbeiten wäre es sinnvoll, die erhobenen Daten durch größer angelegte Usertests zu bestätigen. Bisher konnte die Wunddokumentation mit der HoloLens nur im Kontext der Fotodokumentation getestet werden. So wäre es sinnvoll, Experimente durchzuführen um zu überprüfen, ob die HoloLens in anderen Bereichen des Verbandswechsels für Pflegekräfte hinderlich ist oder ob die HoloLens bei den anderen Aufgaben keine zusätzliche Belastung darstellt. Nachdem ich mich in dieser Arbeit vor allem auf die Erhebung und Überprüfung der Funktionalitäten für ein virtuelles Lineal konzentrierte, konnte ich für die Nachbereitung der Fotodokumentation nur Anforderungen in persönlichen Gesprächen mit den Pflegekräften erheben. In weiteren Experimenten könnten diese Anforderungen überprüft und implementiert werden. Für eine Weiterentwicklung des Konzeptes wäre denkbar, dass die im zeitlichen Verlauf der Wunde aufgenommenen Bilder noch im Patientenzimmer verglichen werden können. So wäre eine Funktion denkbar, die alle aufgenommenen Bilder einer Wunde im Zeitraffer als Hologramm abbildet.

Literaturverzeichnis

- Aldaz, G., Shluzas, L. A., Pickham, D., Eris, O., Sadler, J., Joshi, S., & Leifer, L. (2015). Hands-free image capture, data tagging and transfer using Google Glass: a pilot study for improved wound care management. *PloS one*, *10*(4), e0121179.
- Balota, S. (2016). Grundwissen: Die Wunddokumentation. <http://www.wundwissen.info/>.
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, *4*(3), 114-123.
- Bizzotto, N., Sandri, A., Lavini, F., Dall'Oca, C., & Regis, D. (2014). Video in operating room: GoPro HERO3 camera on surgeon's head to film operations—a test. *Surgical innovation*, *21*(3), 338-340.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, *189*(194), 4-7.
- BVMed. (2015). Wirtschaftlichkeit und Gesundheitspolitik: Einsatz von hydroaktiven Wundauflagen.
- Chang, J. Y. C., Tsui, L. Y., Yeung, K. S. K., Yip, S. W. Y., & Leung, G. K. K. (2016). Surgical vision: Google Glass and surgery. *Surgical innovation*, *23*(4), 422-426.
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. A. (2012). Experimental methods: Between-subject and within-subject design. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *81*(1), 1-8.
- Davis Jr, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*. Massachusetts Institute of Technology.
- Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (Hrsg.). (2016). Expertenstandard Pflege von Menschen mit chronischen Wunden.
- Epic Systems. (2017). Aufgerufen von <http://www.epic.com>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in psychology*, *52*, 139-183.
- Hayes, S., & Dodds, S. (2002). Digital photography in wound care. *Nursing times*, *99*(42), 48-49.
- Healthpath. (2011). Mobile Wound Analyzer. Aufgerufen von <https://www.healthpath.it/imowa.html>
- Initiative Chronische Wunden. (2016). Kriterien der Wunddokumentation. Aufgerufen von <https://www.icwunden.de/wissenspool/wundkompendium/wundassessment/fotodokumentation.html>
- Johanniter, D. Wunddokumentation (Bogen).
- Keller, G., Scheer, A.-W., & Nüttgens, M. (1992). *Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage" Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)"*: Inst. für Wirtschaftsinformatik.
- Microsoft. (2015). HoloLens. Aufgerufen von <https://www.microsoft.com/hololens/>
- Microsoft. (2016). HoloToolkit-Unity. Aufgerufen von <https://github.com/Microsoft/HoloToolkit-Unity/>
- Microsoft. (2017). Using the Windows Device Portal. Aufgerufen von https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/using_the_windows_device_portal
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, *24*(3), 45-77.
- Perry Baromedical. (2017). MAVIS III WOUND CAMERA. Aufgerufen von <https://perrybaromedical.com/product-spotlight/mavis-iii-wound-camera/>
- pqsg. (2013). Standard "Wundfotografie". *altenpflagemagazin.de*.
- Schaperdoth, E. (2006). *Wundmanagement in der Klinik: ein Ratgeber zum Umgang mit chronischen Wunden*: Schlütersche.

- Schubert, & Köster. (2015). *Epidemiologie und Versorgung von Patienten mit chronischen Wunden. Eine Analyse auf der Basis der Versichertenstichprobe AOK Hessen/KV Hessen.*
- Seeking Alpha. (2015). Himax Technologies: A Top Augmented Reality/Virtual Reality Play. Aufgerufen von <https://seekingalpha.com/article/2993556-himax-technologies-a-top-augmented-reality-virtual-reality-play?page=2>
- Software AG. (2009). ARIS Express. Aufgerufen von <http://www.ariscommunity.com/aris-express>
- Spital Zofingen AG. Chronische Wunde am Unterschenkel. Aufgerufen von <http://www.fussbefinden.ch/index.php/maden-therapie.html>
- Universität Hildesheim. Technologie Acceptance Model.
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS quarterly*, xiii-xxiii.

Anhang
Anhang A Bilder



Abbildung 23: Verbandswagen
Quelle: Eigene Darstellung

Verbandswechsel infizierte/kolonisierte Wunde

<p>Wagen vorbereiten, Haltbarkeiten kontrollieren</p>	
<p>Raum gestalten (Vorhänge, Mülleimer) Materialvorbereitung, Vorbereitung des Sets mit steriler Pinzette/sterilem Handschuh</p>	
<p>Bett in Arbeitshöhe, Lagerung und Vorbereiten des Patienten</p>	
<p>Schürze anziehen, Nierenschale und Molton ins Bett legen</p>	
<p>HD Abnahme der Wundauflage Letzte Wundauflage mit Pinzette abnehmen und kontrollieren</p>	

Kliniken St. Elisabeth

Station 7

14.02.2017

Maria Lindermaier, Veronika Habermeier, Karina Bayer

[1]

Abbildung 24: Lehrmaterial Verbandswechsel infizierte/kolonisierte Wunde (1)

Quelle: Kliniken St. Elisabeth

Handschuh wechseln, HD	
Wundreinigung mit neuer Pinzette	
Handschuhe wechseln, HD	
Fotodoku nach der Reinigung Falls nötig Wundumgebung waschen und Hautpflege mit Corty Protect, Eucerin Salbe,...	
Wundauflage mit neuer Pinzette Verschließen der Wunde	
HD	
Nachbereitung des Patienten und des Raumes	
Entsorgung des Materials/Desinfektion des Arbeitswagen	
Dokumentation	

Kliniken St. Elisabeth

Station 7

14.02.2017

Maria Lindermair, Veronika Habermeier, Karina Bayer

[2]

Abbildung 25: Lehrmaterial Verbandswechsel infizierte/kolonisierte Wunde (2)

Quelle: Kliniken St. Elisabeth

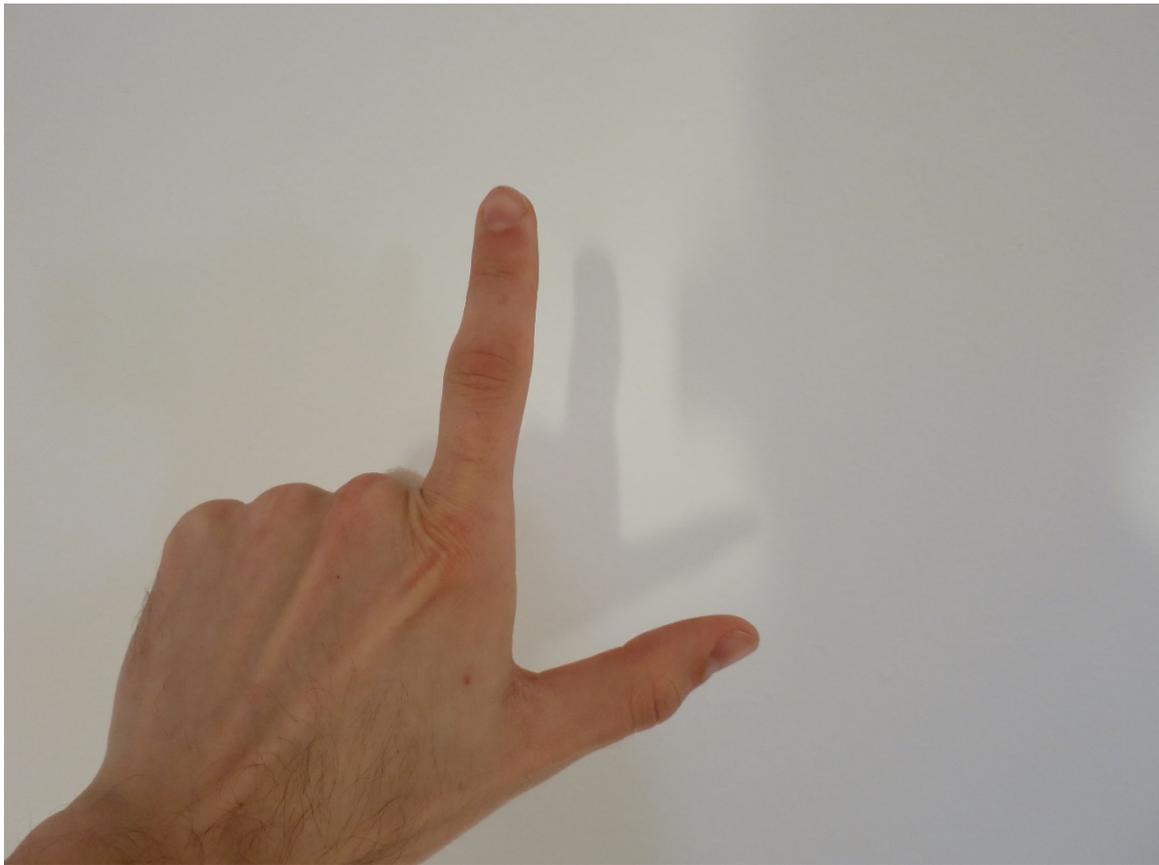


Abbildung 26: Klickgeste (Airtap) offen
Quelle: In Anlehnung an Microsoft (2015)

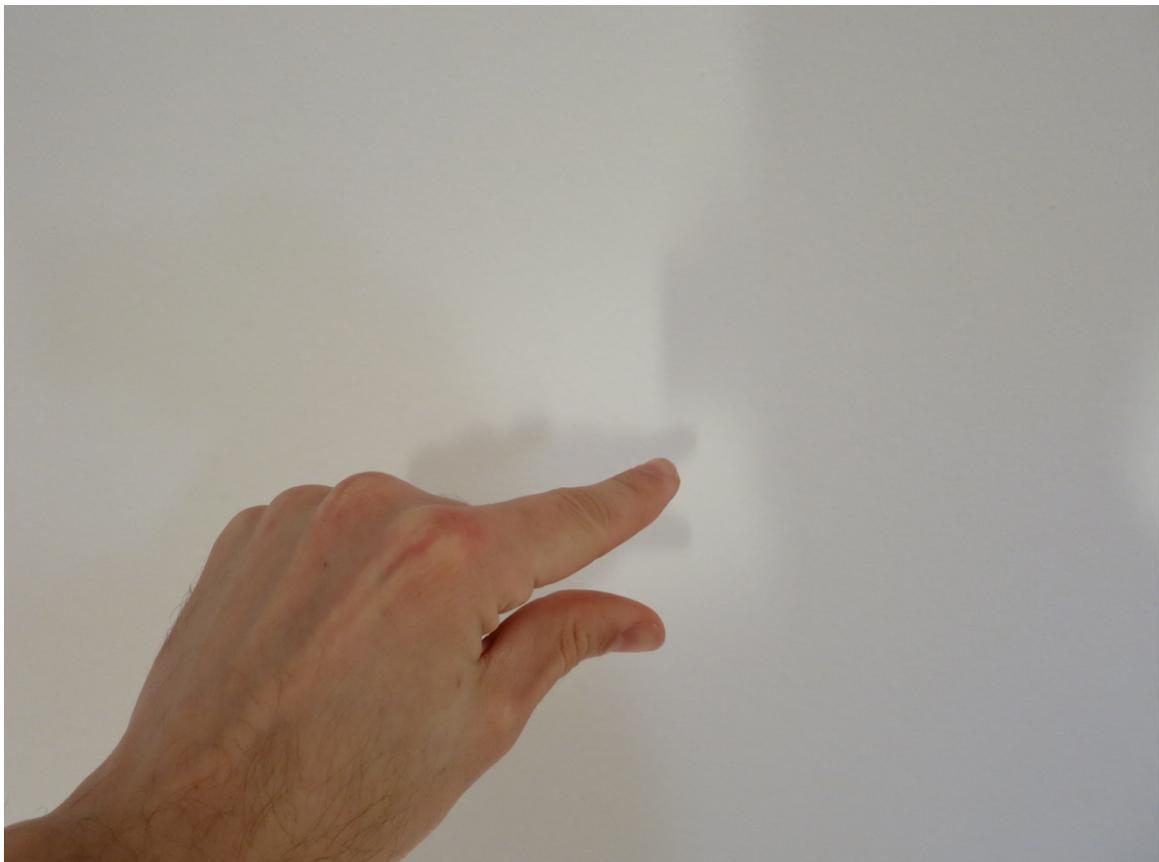


Abbildung 27: Klickgeste (Airtap) geschlossen
Quelle: In Anlehnung an Microsoft (2015)



Abbildung 28: Verwendete Beispielwunde
Quelle: Spital Zofingen AG

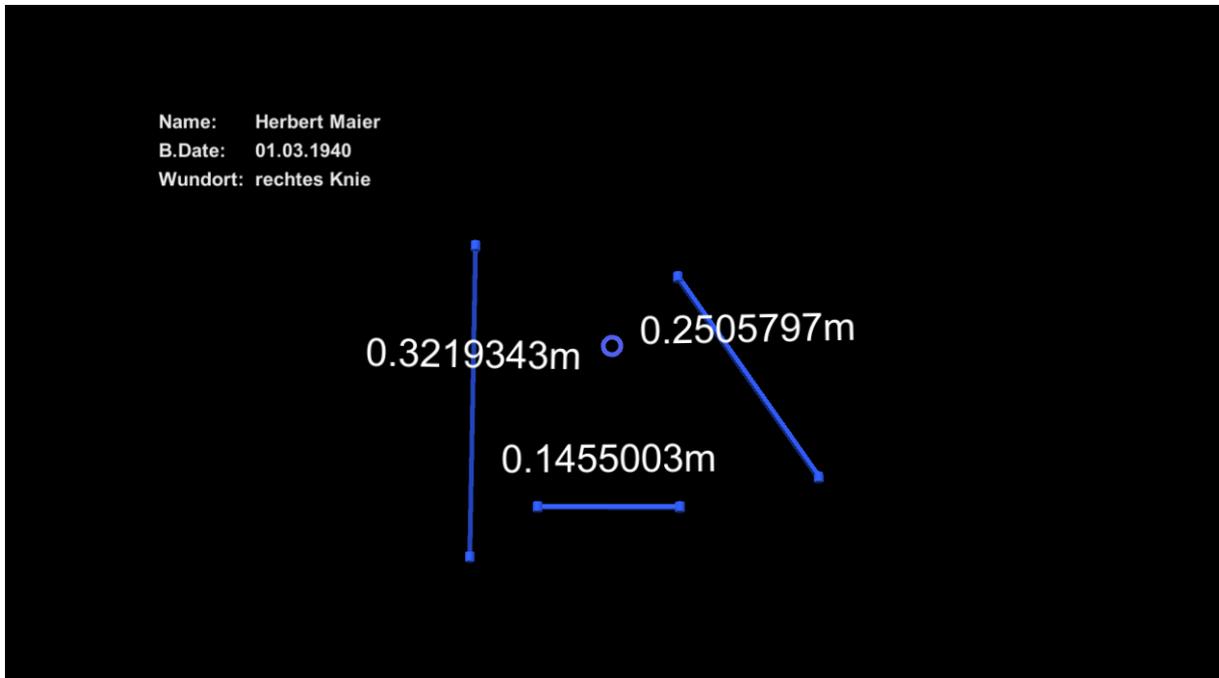


Abbildung 29. GazeRuler – Interface und Funktionsbeispiel
Quelle: Eigene Darstellung

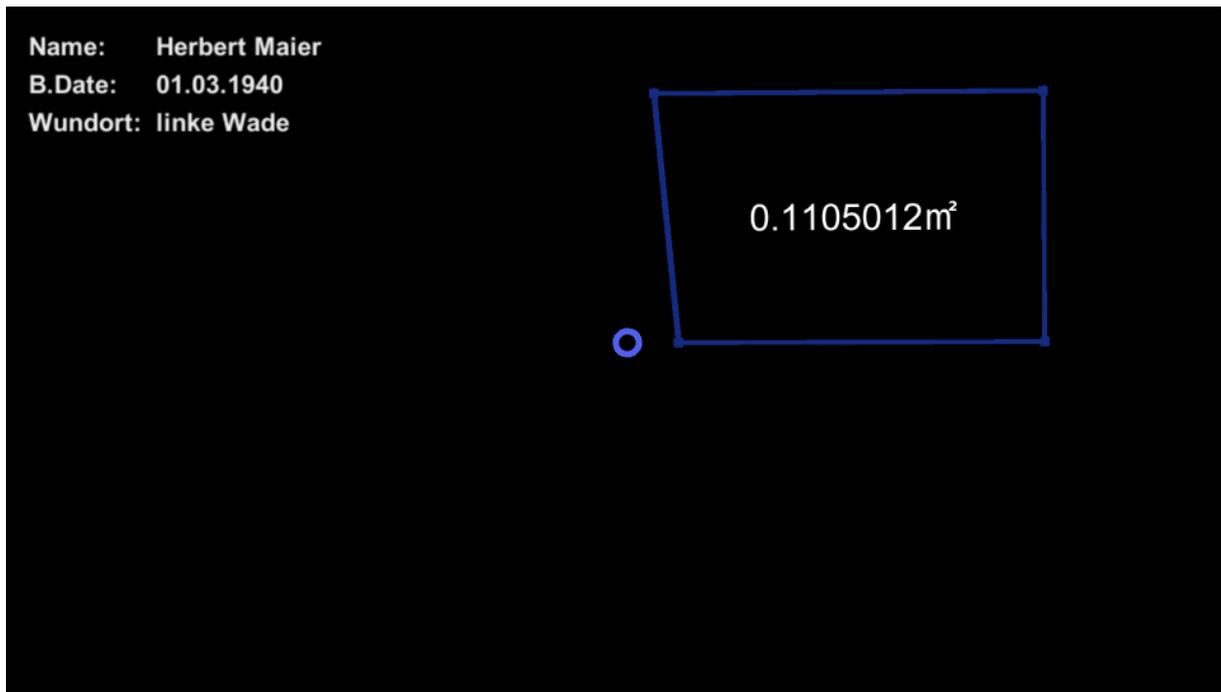


Abbildung 30: GazeRuler – Interface und Funktionsbeispiel Geometrie Modus
Quelle: Eigene Darstellung

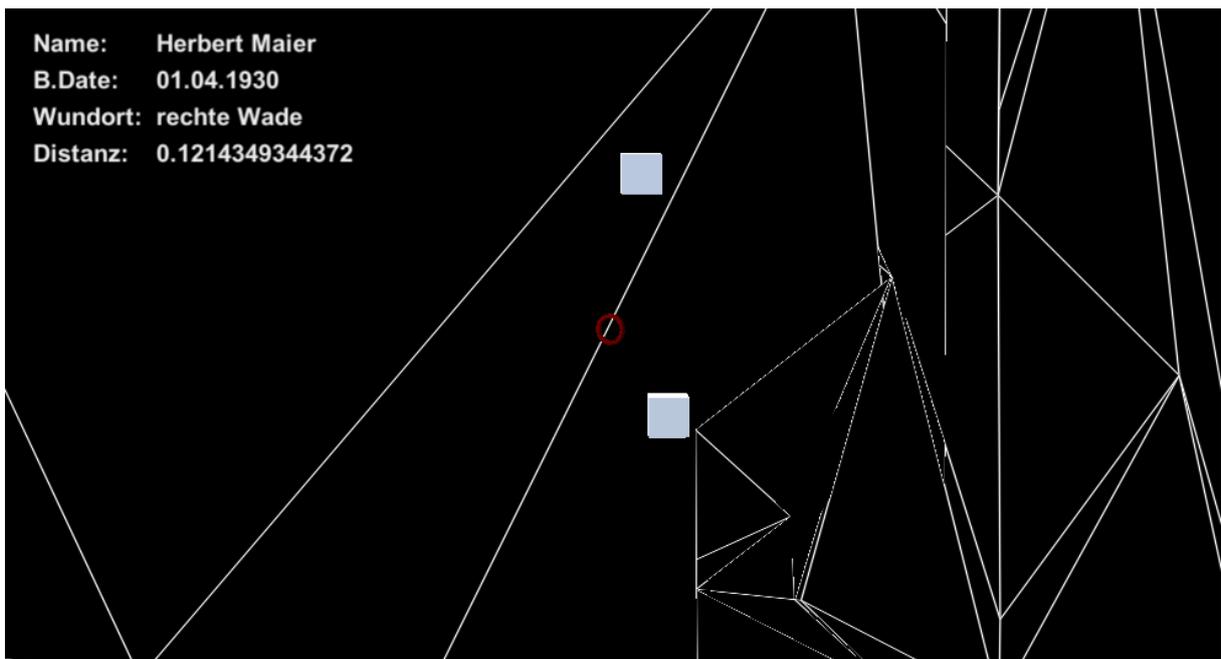


Abbildung 31: GazeCubes – Interface und Funktionsbeispiel
Quelle: Eigene Darstellung

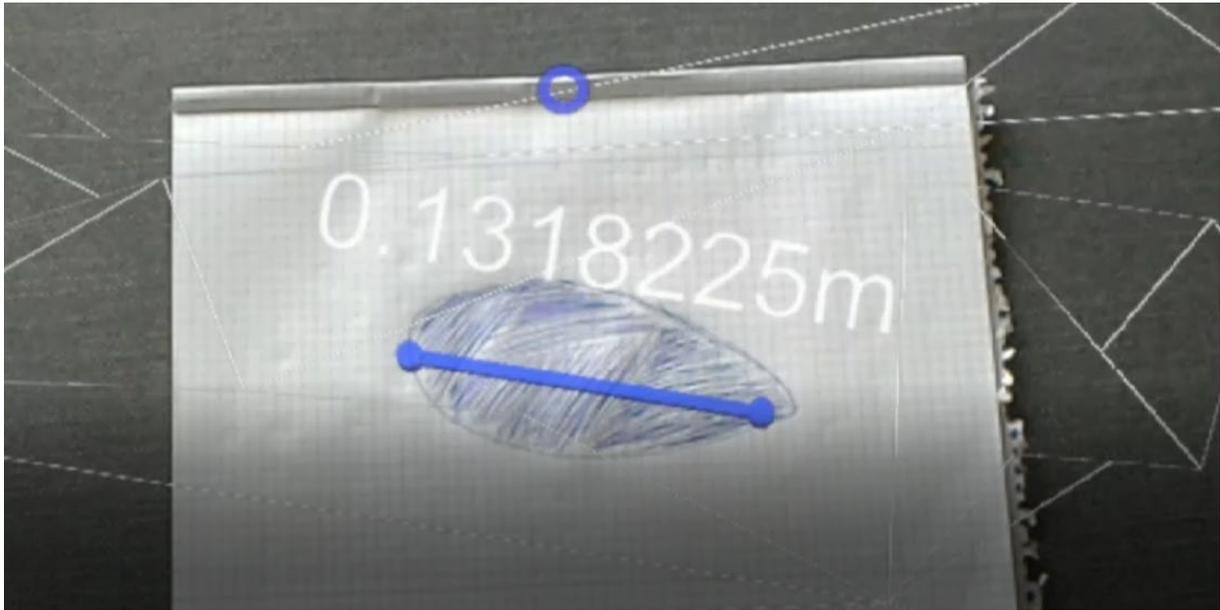


Abbildung 32: Proband misst „Wunde“ mit GazeRuler aus
Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 33: Beispielbild schlechte Fotodokumentation
Quelle: Kliniken St. Elisabeth

Anhang B Typische Bestückung eines Verbandswagens (vgl. Abbildung 23)

Oberfläche:

- Halterungen für Handdesinfektionsmittelspender:
- Abwurfbehälter für spitze und scharfe Gegenstände, wie Skalpelle, Skalpellklingen und Nadeln
- Latexhandschuhe – unsteril - in verschiedenen Größen S, M, L

Seitlich:

- Halterung für Abfalleimer

Schubladen:

- Scheren: steril und unsteril verpackt
- Pinzetten: steril und unsteril verpackt
- Skalpelle und Skalpellklingen
- hautverträgliches Heftpflaster in verschiedenen Breiten wie z.B. Leukosilk
- Cutaplast: Wundverband aus Vlies mit hautfreundlichem Kleber. Dieser wird auf Kompressen geklebt
- Kompressen-Mullwundauflage in verschiedenen Größen
- Mullbinden in verschiedenen Größen
- elastische Binden in verschiedenen Größen
- sterile Handschuhe in verschiedenen Größen S, M, L
- verschiedene Salben zur Wundbehandlung z.B. Bepanthensalbe, Betaisodonasalbe-Jodsalbe
- Moltonunterlage unsteril
- sterile Wundunterlagen

Anhang C Beobachtungen zum Userverhalten während der Tests

Experiment 1 (B)

Proband 1:

- Sprachbefehle nicht klar: Proband fragt während dem Testlauf wiederholt nach den Sprachbefehlen
- Proband hält Finger weit außerhalb der Wunde, sodass diese auf einem Bild nicht als Maßstab von Nutzen wären

Nach der ersten Iteration wurden diese Fehler korrigiert. Dabei werden zu den Zeitpunkten, an denen Sprachbefehle nötig sind, Aufforderungen zu diesen eingeblendet. Außerdem wird der User vor der Aufnahme des Fotos darauf hingewiesen, seine Finger (Daumen und Zeigefinger) so ins Bild zu halten, dass diese gut sichtbar sind, jedoch nicht die Wunde verdecken. Nach der zweiten Iteration hatte der Proband nichts zu bemängeln und war mit den Funktionalitäten der Anwendung zufrieden.

Proband 2:

- Proband hält Finger so über die Wunde, dass diese verdeckt wird

Nach der ersten Iteration wurde der Fehler korrigiert, indem vor der Fotoaufnahme eingeblendet wurde, dass die Finger bei der Aufnahme des Fotos die Wunde nicht verdecken.

- Proband hält Finger weit außerhalb der Wunde, sodass diese auf einem Bild nicht als Maßstab von Nutzen wären

Diese Korrekturmaßnahme führte dazu, dass der Proband die Finger nun übervorsichtig außerhalb der Wunde platzierte, sodass diese nichtmehr auf den Bildern zu sehen waren.

Proband 3:

- Der Proband hatte keine Probleme, die Anforderungen zu erfüllen

Dieser Proband hatte keine Probleme, die ihm gestellten Anforderungen auszuführen und nach der ersten und somit einzigen Iteration keine Verbesserungsvorschläge.

Experiment 2 (D)

Proband 1:

- Funktionalitäten des Prototyps: QR-Code Scanner vorhanden und Distanzmessung mit den Fingern als Maßstab
 - Dieser Proband fand den QR-Code Scanner sehr hilfreich und wies darauf hin, dass es so etwas Ähnliches bereits in der Klinik gibt. Dabei kommen jedoch Strichcodes zur Patientenidentifizierung zum Einsatz.

- Die Maßstabsmessung mit den Fingern wurde dagegen mit einer eher ablehnenden Haltung aufgenommen. Der Proband meinte dazu: „Das finde ich nicht so toll, weil dann meine Finger ja mit auf dem Bild sind“.
- Funktionalitäten des Prototyps: Eingabe der Patientendaten über die Tastatur und virtuelles Lineal mit einer Linie zwischen den platzierten Blöcken
 - Nachdem der Proband zuerst den QR-Code Scanner zu testen hatte, empfand er die Eingabe der Patientendaten mit einer Tastatur als die schlechtere Lösung.
 - Das virtuelle Lineal empfand der Proband als sehr hilfreich. Er äußerte dazu, dass er sich sehr gut vorstellen könne, eine solche Applikation im Alltag einzusetzen. Dabei wies er noch darauf hin, dass die Genauigkeit sehr gut sein müsse.

Proband 2:

- Funktionalitäten des Prototyps: Eingabe der Patientendaten über die Tastatur und virtuelles Lineal ohne Linie zwischen den platzierten Blöcken
 - Die Eingabe mit der simulierten HoloTastatur fand der Proband nicht gut. Er äußerte dazu, dass er sich vorstellen kann, dass diese Methode sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, wenn man jedes Mal die Patientendaten auf einer virtuellen Tastatur eingeben muss.
 - Die Idee eines virtuellen Lineals fand der Proband äußerst gut. Hierbei gefiel ihm vor allem, dass er nicht die Handschuhe immer wieder wechseln muss, da dies viel Zeit in Anspruch nimmt.
- Funktionalitäten des Prototyps: QR-Code Scanner vorhanden und virtuelles Lineal mit einer Linie zwischen den platzierten Blöcken
 - Im Gegensatz zur Eingabe der Patientendaten mit der HoloTastatur war der Proband von der Lösung des Problems durch das Scannen eines QR-Codes sehr überzeugt. Er empfand die Lösung sehr hilfreich, zeitsparend und fehlervermeidend.
 - Das virtuelle Lineal mit der Linie zwischen den Blöcken empfand der Proband nicht signifikant schlechter oder besser als die Lösung ohne Linie.

Proband 3:

- Funktionalitäten des Prototyps: QR-Code Scanner vorhanden und virtuelles Lineal ohne Linie zwischen den platzierten Blöcken
 - Die Lösung, Patientendaten über das Scannen eines QR-Codes zu erfassen, empfand der Proband als deutliche Verbesserung zum Beschriften und Anbringen eines Einmallineals. Er äußerte dazu, dass dies viel Zeit spare und Fehler durch falsches Beschriften vermieden werden.

- Der Proband fand diese Lösung für die Distanzmessung einer Wunde sehr gut. Er wies wie Proband 1 darauf hin, dass bei einer Implementierung auf eine hohe Genauigkeit des virtuellen Lineals geachtet werden muss.
- Funktionalitäten des Prototyps: QR-Code Scanner vorhanden und Distanzmessung mit den Fingern als Maßstab
 - Da der Proband den QR-Code Scanner zweimal verwendete, wurde er zu diesem nicht noch einmal befragt.
 - Im Gegensatz zu dem virtuellen Lineal empfand der Proband die Maßstabsmessung mit den Fingern als unpraktisch und nicht intuitiv.

Experiment 3 (G)

Proband 1:

Dieser Proband war von der Handhabung der GazeCubes sehr überzeugt. Besonders gefiel dem Probanden, dass sich Fehler relativ leicht korrigieren lassen. Dies wiederum bemängelte er bei GazeRuler. Hierzu äußerte der Proband, dass er es unnötig findet, die erste gesetzte Markierung löschen zu müssen, wenn er bei der zweiten Markierung einen Fehler macht.

Proband 2:

Dieser Proband bevorzugte GazeRuler. Die Vorgehensweise war für den Probanden intuitiver. Er erklärte dies damit, dass seine Erwartungshaltung an die Vorgehensweise mit einem virtuellen Lineal mit denen von GazeRuler übereinstimmen. Positiv befand der Proband bei den GazeCubes, dass man immer eine Rückmeldung vom System erhielt, was gerade geschieht. (Block aufgenommen → Block an Cursor, etc.)

Proband 3:

Dieser Proband bevorzugte keine der beiden Methoden. Beide Methoden wären für ihn akzeptable Vorgehensweisen, um das virtuelle Lineal in der Fotodokumentation zu benutzen. Der Proband bemängelte bei beiden Systemen, dass sowohl die Würfel bei GazeCubes, als auch die Markierungen und Linien bei GazeRuler zu sichtbar und dadurch sehr dominant im Bild sind. Der Proband wünscht sich, dass bei der Fotoaufnahme diese leicht durchsichtig werden.

Proband 4:

Dieser Proband präferierte die GazeCubes. Die Begründung hierfür war, dass es einfacher ist, Fehler zu korrigieren. Die Anwendung des GazeRuler gefiel dem Probanden nicht, da er es zu aufwändig findet, über die Sprachbefehle alle Markierungen zu löschen, um einen Fehler korrigieren zu können. Der Proband kann sich jedoch vorstellen, dass mit GazeRuler eine höhere Genauigkeit erzielt wird, als mit den GazeCubes.

Experiment 4 (J)

Klassische Fotodokumentation:

Proband 1:

Dieser Proband hatte Probleme mit dem Handschuhwechsel. Größtes Problem hier war jedoch, dass dem Probanden nicht auffiel, dass sein Schatten zum Zeitpunkt der Fotoaufnahme die Wunde zu Hälfte verdeckt. Der Proband beeilte sich bei der Fotoaufnahme sehr, was zur Folge hatte, dass diese unscharf und daher schlecht erkennbar war.

Proband 2:

Dieser Proband hatte Probleme, nach den Handdesinfektionen neue Handschuhe anzuziehen. Dabei rissen zwei Handschuhe so ein, dass der Proband diese wieder ausziehen und durch neue ersetzen musste.

Proband 3:

Dieser Proband wischte sich während dem Handschuhwechsel unbewusst die Hände an der Hose trocken. Zusätzlich beschriftete der Proband das Einmalleinmal unsauber. Dieses war hinterher auf dem Foto nicht gut lesbar.

Proband 4:

Dieser Proband hatte kaum Probleme, die gestellte Aufgabe zu erledigen. Lediglich während des zweiten Handschuhwechsels nahm der Proband zu viel Handdesinfektionsmittel, so dass es länger dauerte, bis er neue Gummihandschuhe anziehen konnte.

Fotodokumentation mit der HoloLens:

Proband 1:

Dieser Proband konnte trotz Erklärung die Würfel nicht gleich im Raum finden. Nachdem ihm dies gelungen war, hatte der Proband keine Probleme, die Würfel ordentlich zu platzieren. Zusätzlich musste der Proband mehrere Klickgesten ausführen, um die Würfel aufzunehmen und zu platzieren.

Proband 2:

Dieser Proband musste mehrere Klickgesten ausführen, damit er den Würfel auswählen konnte. Nach Abschluss der Wunddokumentation klagte der Proband darüber, dass es anstrengend sei, den Arm länger gerade ausgestreckt zu halten um die Gesten auszuführen.

Proband 3:

Dieser Proband konnte die Würfel nicht sauber auf den Wundrändern platzieren. Ebenso wie Proband 2 klagte dieser Proband darüber, dass es anstrengend sei, den Arm länger ausgestreckt zu halten.

Proband 4:

Dieser Proband hatte das Problem, dass er durch die HoloLens nichts sehen konnte. Das Problem führte ich darauf zurück, dass der Proband eine große Brille trug, jedoch ohne Brille aufgrund seiner Sehschwäche ebenfalls nichts durch die HoloLens erkennen konnte.

Experiment 5 (K)

GazeCubes:

Proband 1:

Dieser Proband konnte die Würfel nicht direkt im Raum finden. Dies hatte zur Folge, dass er sich zunächst leicht desorientiert um die eigene Achse drehte, um die Würfel zu finden. Nach einem Hinweis des Evaluators, an welcher Stelle sich die Würfel ungefähr befinden müssten, fand der Proband die Würfel. Anschließend hatte der Proband keine Probleme, die Würfel durch den Raum zu navigieren und an den richtigen Stellen zu platzieren. Dieser Proband verwendete keine Sprachbefehle.

Proband 2:

Dieser Proband konnte die Würfel auf Anhieb finden. Anschließend hatte der Proband keine Probleme, die Würfel auf den gewünschten Stellen zu platzieren. Nachdem dieser Proband das Lineal ausgemessen hatte, verwendete er zunächst ohne Probleme die Sprachbefehle, um die Würfel zurückzusetzen. Bei weiteren Versuchen jedoch musste er die Sprachbefehle mehrmals wiederholen, damit diese funktionierten. Außerdem führte der Proband die Klickgeste teilweise unsauber aus. Dies führte dazu, dass der Proband bei der Platzierung mehrerer Würfel die Klickgeste öfter ausführen musste.

Proband 3:

Dieser Proband versuchte zu Beginn, die Würfel mit den Sprachbefehlen in sein Sichtfeld zurückzusetzen. Nachdem er daran wiederholt scheiterte, platzierte er die Würfel nach kurzer Suche manuell, zunächst in sein Blickfeld, anschließend auf die gewünschte Stelle an dem auszumessenden Gegenstand. Hier verwendete der Proband die Klickgeste unbeabsichtigt doppelt, da er dachte, die HoloLens hätte seine erste Geste nicht erkannt. Hierdurch ließ er den Würfel an einer unerwünschten Stelle fallen.

Proband 4:

Dieser Proband hatte keinerlei Probleme mit der Benutzung der GazeCubes. Vor jeder Messung verwendete der Proband die Sprachbefehle, um die Würfel zurückzusetzen. Dieser Proband war der einzige, der nachdem er einen Würfel leicht falsch platziert hatte, diesen erneut aufnahm, um ihn genauer zu platzieren.

GazeRuler:

Proband 1:

Ein Problem für den Probanden war, dass sobald er die Hand für die Klickgeste hob, der Cursor sich in eine Hand verwandelte (siehe Abbildung 21). Diese Hand platziert die Markierungen jedoch nicht am ausgestreckten Zeigefinger, sondern mit der Handfläche. Nach dem Wechsel in den Geometrie Modus, maß der Proband die Fläche jedoch gegen den Uhrzeigersinn aus, so dass ihm die Größe der Fläche spiegelverkehrt angezeigt wurde.

Proband 2:

Dieser Proband versuchte, die Gegenstände so genau wie möglich auszumessen. Dabei hatte er zunächst aufgrund des verändernden Cursors Probleme und er verwendete bei jedem Gegenstand einmal den Sprachbefehl „Remove“, um die gesetzten Markierungen zu entfernen und neu setzen zu können. Dieser Proband setzte die Markierungen im Geometrie Modus im Uhrzeigersinn, und hatte somit keine Probleme, die Größe der Fläche anschließend auszumessen.

Proband 3:

Mit dem Ausmessen der Objekte hatte dieser Proband keine Probleme. Die Probleme traten hier bei den Sprachbefehlen auf. Keiner der Sprachbefehle funktionierte bei diesem Probanden, so dass der Evaluator eingreifen musste, um den Sprachbefehl „Remove“ für den Probanden zu verwenden. Ebenso der Wechsel in den Geometrie Modus wurde von dem Evaluator übernommen.

Proband 4:

Der Proband hatte beim Ausmessen der Strecken lediglich leichte Probleme mit dem veränderten Cursor. Mehr Probleme bereitete dem Probanden der Geometrie Modus. Nachdem der Proband den Sprachbefehl „Change Mode“ benutzte, wechselte er in den Geometrie Modus. Die Applikation gibt jedoch keine Rückmeldung, ob der Modus gewechselt wurde oder nicht. Dies verwirrte den Probanden sichtlich.

Experiment 6 (L)

Klassische Fotodokumentation:

Proband 1:

Dieser Proband hatte große Probleme mit dem Handschuhwechsel. Der Proband wartete nicht lange genug, bis das Handdesinfektionsmittel vollständig eingezogen war und hatte somit das Problem, die Handschuhe mit „nassen“ Händen anziehen zu müssen. Dies kostete sehr viel Zeit. Die Vor- und Nachbereitung stellten keine Herausforderung dar.

Proband 2:

Dieser Proband hatte keine offensichtlichen Probleme, die gestellten Aufgaben zu erledigen.

Proband 3:

Dieser Proband hatte mit der Vor- und Nachbereitung der Wunddokumentation keine Probleme. Die Fotodokumentation bereitete dem Probanden dagegen größere Probleme. Das Anziehen der Handschuhe nach der Handdesinfektion bereitete dem Probanden sichtlich große Probleme. Außerdem beschriftete der Proband das Einmallineal sehr unsauber, so dass er selbst damit nicht zufrieden war und ein neues beschriftete.

Proband 4:

Dieser Proband hatte Probleme mit der Platzierung des Einmallineals. Nachdem der Proband das Einmallineal unsauber angebracht hatte, wechselte er die Handschuhe, um die Fotoaufnahme durchführen zu können. Nachdem er wieder an den Patienten herantreten war, bemerkte er das unsaubere Anbringen des Lineals und rückte dieses mit den Handschuhen zurecht, mit denen er die Kamera gehalten hatte. Die anderen Aufgaben stellten kein Problem für den Probanden dar.

Proband 5:

Dieser Proband beschriftete das Einmallineal nicht leserlich. Die anderen Aufgaben bereiteten diesem Probanden keine Probleme.

Fotodokumentation HoloLens:

Proband 1:

Dieser Proband hatte Probleme, den QR-Code im Patientenzimmer anzubringen. Dieser fiel ihm während dem Anbringen zwei Mal herunter. Mit den restlichen gestellten Aufgaben hatte der Proband keine Probleme.

Proband 2:

Dieser Proband hatte kleine Probleme mit der Klickgeste, da er diese nicht mit ausgestrecktem Arm ausführte. Dies hatte zur Folge, dass er die Klickgeste einmal wiederholen musste. Zusätzlich gelang es dem Probanden nicht, die Markierungen an den Orten zu setzen, die er für die Markierungen vorgesehen hatte, da der Cursor die Markierungen nicht am ausgestreckten Zeigefinger, sondern an der Handfläche platziert.

Proband 3:

Dieser Proband hatte Probleme bei der Eingabe der Patientendaten. Hier verschrieb er sich des Öfteren, sodass er die unsauber eingegebenen Daten löschen und erneut eingeben musste.

Proband 4:

Dieser Proband war verwirrt, da die Applikation nicht anzeigt, in welchem Modus sich der Benutzer befindet. Ansonsten hatte der Proband keine Probleme, die gestellten Aufgaben zu erfüllen.

Proband 5:

Dieser Proband hatte keine Probleme mit den gestellten Aufgaben.