

Diplomarbeit

**Der Einsatz von Smartphones (Apps) in der
Handchirurgie**

eingereicht von

Paul Kügler

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Chirurgie

**Klinische Abteilung für Plastische, Ästhetische und
Rekonstruktive Chirurgie**

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dr. Lars-Peter Kamolz, M.Sc.

Graz, am 11.07.2014

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 11.07.2014

Paul Kügler

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Univ.-Prof. Dr. Lars-Peter Kamolz, M.Sc. bedanken, der mir das Thema zur Verfügung gestellt hat und mir immer freundlich mit Rat zur Seite stand.

Dank gebührt auch meinem Bruder Peter, der mir sowohl bei der Planung, als auch bei der Konstruktion der für die Arbeit benötigten Pyramide geholfen hat.

Zu guter Letzt danke ich meinen Eltern Elke und Johann, die mich Zeit meines Lebens mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln unterstützt und gefördert haben. Ohne sie wäre dieses Studium nicht denkbar für mich gewesen.

Zusammenfassung

Einleitung und Zielsetzung

Smartphones haben in den letzten Jahren immer weiter Einzug in unser alltägliches Leben und in weiterer Folge auch in die Medizin gehalten. So gibt es eine Fülle an sogenannten Apps, darunter auch solche mit der Funktion eines Goniometers, also eines medizinischen Winkelmessers. Ziel dieser Arbeit ist es, speziell diese Goniometer-Apps hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit, Zahl und in weiterer Folge Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu untersuchen. Schlussendlich soll die Frage geklärt werden, ob man diese Apps verlässlich im medizinischen Alltag einsetzen kann.

Material und Methoden

Zum Messen wurden Goniometer-Apps aus den App Stores von Apple und Google heruntergeladen. Zum Vergleich wurde auch ein universelles mechanisches Goniometer herangezogen. Als Messobjekt diente eine eigens für den Versuchsaufbau hergestellte unregelmäßige, vierseitige Pyramide.

Resultate

Es stellten sich 12 iOS und 4 Android Apps als für die Messungen geeignet heraus. Bei den iOS Apps zeigten 10 von 12 Apps eine durchschnittliche Abweichung von den realen Winkelwerten, die nicht über $1,8^\circ$ lag und bei den Android Apps überschritt keine eine durchschnittliche Abweichung von $1,3^\circ$. Die Werte für die iOS Apps „Goniometer“ und „iGonio“ waren $3,53^\circ$ bzw. $5,28^\circ$. Ausgenommen der iOS App „iGonio“ betrug die durchschnittliche Standardabweichung für iOS Apps nicht mehr als 1° und für Android Apps nicht mehr als $1,3^\circ$. „iGonio“ zeigte einen Wert von $1,83^\circ$.

Diskussion

Bis auf die zwei Ausreißer „Goniometer“ und „iGonio“ bei den iOS Apps scheinen die anderen 14 Apps genau und verlässlich genug zu sein, um sie im klinischen Alltag einsetzen zu können. Dem vorausgesetzt ist die richtige Handhabung der Apps, da es doch einige Punkte gibt, die man beachten muss, um gute Ergebnisse beim Messen zu erhalten.

Abstract

Introduction

Over the past couple of years smartphones have found their way into our daily lives and furthermore also into medicine. There are plenty of different apps available and some of which function like a goniometer, which is nothing else than a medical protractor. The aim of this thesis is the investigation of those apps regarding their availability, number and furthermore also the reliability and reproducibility of measuring results. The question should be answered if one could use those apps reliably in daily medical routine.

Materials and Methods

Measuring was performed using goniometer-apps downloaded from Apple's and Google's app stores. A universal mechanical goniometer was used for comparison. The measured object was an irregular, four-sided pyramid that was only built for this thesis.

Results

12 iOS and 4 Android apps turned out to be suitable for measuring. 10 of 12 iOS apps showed an average deviation from real angles which was not higher than 1.8° and values for Android apps did not exceed 1.3° . The values of average deviation for iOS apps "Goniometer" and "iGonio" were 3.53° and 5.28° . Except for iOS app "iGonio" the standard variance was not higher than 1° for iOS apps and not higher than 1.3° for Android apps. The value for "iGonio" was 1.83° .

Discussion

Except the two outliers „Goniometer“ and „iGonio“ among iOS apps, all other 14 apps seem to provide results which are precise and reliable enough to be used in clinical practice. It must be considered that correct handling of apps is essential for good measuring results.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Zusammenfassung.....	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis.....	v
Glossar und Abkürzungen	vii
Abbildungsverzeichnis.....	viii
Tabellenverzeichnis.....	x
1 Einleitung	1
1.1 Die Hand	2
1.1.1 Allgemeines	2
1.1.2 Anatomie	3
1.1.2.1 Abgrenzungen.....	3
1.1.2.2 Knochen.....	3
1.1.2.3 Gelenke.....	4
1.1.2.4 Muskeln.....	7
1.1.2.5 Nerven.....	8
1.1.2.6 Blutversorgung	10
1.1.3 Kurze Geschichte der Handchirurgie	11
1.2 Goniometer	13
1.2.1 Allgemeines	13
1.2.2 Ausführungen	13
1.3 Smartphones und Apps.....	16
1.3.1 Smartphones und Apps in der Medizin allgemein.....	16
1.3.1.1 Anwendungsmöglichkeiten.....	17
1.3.1.2 Häufigkeit der Verwendung.....	18
1.3.1.3 Bedenkpunkte	19
1.3.2 Smartphones und Apps in der Chirurgie.....	20
1.3.2.1 Chirurgie allgemein	20
1.3.2.2 Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie	25
1.3.2.3 Handchirurgie.....	29
2 Material und Methoden.....	33
2.1 Die Apps und Hardware	33
2.2 Die Pyramide.....	33

2.2.1	Seitenlängen.....	35
2.2.2	Winkel.....	35
3	Resultate.....	40
3.1	iOS.....	40
3.1.1	Auswahl der Apps.....	40
3.1.2	Messungen.....	42
3.1.2.1	Mechanisches Goniometer.....	42
3.1.2.2	Angulus ROM.....	42
3.1.2.3	GetMyROM.....	42
3.1.2.4	Goniometer.....	43
3.1.2.5	Goniometer Pro.....	43
3.1.2.6	Goniometer Records.....	43
3.1.2.7	Goniometro.....	44
3.1.2.8	Joint Goniometry.....	44
3.1.2.9	Simple Goniometer.....	44
3.1.2.10	DrGoniometer.....	45
3.1.2.11	iGonio.....	45
3.1.2.12	PhotoGoniometer.....	45
3.1.2.13	PT Tools.....	46
3.2	Android.....	47
3.2.1	Auswahl der Apps.....	47
3.2.2	Messungen.....	48
3.2.2.1	Goniometer Pro.....	48
3.2.2.2	Goniometer Records.....	48
3.2.2.3	ROM Messung.....	48
3.2.2.4	Goniometer.....	49
3.3	Zusammenfassung in Diagrammen.....	50
3.3.1	Messergebnisse insgesamt.....	50
3.3.2	Messergebnisse für α	51
3.3.3	Messergebnisse für β	52
3.3.4	Messergebnisse für γ	53
3.3.5	Messergebnisse für δ	54
4	Diskussion.....	55
5	Literaturverzeichnis.....	62

Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
App	Application (Englisch für: Anwendung)
Art.	Articulatio
Artt.	Articulationes
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DIP	distales Interphalangealgelenk
FDA	U.S. Food and Drug Administration
HNO	Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
M.	Musculus
MCP	Metacarpophalangealgelenk
Mio.	Millionen
N.	Nervus
PIP	proximales Interphalangealgelenk
ROM	Range of Motion (Englisch für: Bewegungsumfang)
Rr.	Rami
UK	United Kingdom (Englisch für: Vereinigtes Königreich)
v. Chr.	vor Christus
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Präzisionsgriff [6]	2
Abbildung 2: Kraftgriff [7]	3
Abbildung 3: Knochen der Hand von palmar (a) und dorsal (b) [10]	4
Abbildung 4: Bewegungsmöglichkeiten im Handgelenk [10]	5
Abbildung 5: Bewegungen im Daumensattelgelenk [10]	5
Abbildung 6: Bewegungsausmaß in den Fingergrundgelenken [10]	6
Abbildung 7: Bewegungsausmaß der Fingergelenke [10]	6
Abbildung 8: Muskeln der Hand von palmar (a) und dorsal (b) [10]	7
Abbildung 9: Topographie der Nerven von palmar [9]	8
Abbildung 10: Topographie der Nerven von dorsal [9]	9
Abbildung 11: Blutversorgung der Hand [10]	10
Abbildung 12: Handstudie von Leonardo Da Vinci [15]	11
Abbildung 13: universelles Goniometer [18]	13
Abbildung 14: modernes Goniometer [23]	15
Abbildung 15: Medscape [28]	17
Abbildung 16: Shoulder Decide [28]	22
Abbildung 17: OsiriX HD [28]	23
Abbildung 18: Surgical Logbook [28]	23
Abbildung 19: Touch Surgery [28]	24
Abbildung 20: Plastic Surgery Simulator [28]	25
Abbildung 21: BurnCase 3D [28]	26
Abbildung 22: FreeSpirit [50]	28
Abbildung 23: Google Glass [53]	28
Abbildung 24: Dr Hand [28]	30
Abbildung 25: Hand Decide [28]	30
Abbildung 26: Virtual Carpal Tunnel Surgery [28]	31
Abbildung 27: AO Surgery Reference [28]	32
Abbildung 28: Pyramide von oben	34
Abbildung 29: Pyramide im Vergleich zur Hand	34
Abbildung 30: Kanten der gemessenen Winkel	36
Abbildung 31: Winkel α	37
Abbildung 32: Winkel β	37
Abbildung 33: Winkel γ	38

Abbildung 34: Winkel δ	38
Abbildung 35: Durchschnittliche Abweichung des Mittelwertes	50
Abbildung 36: Messergebnisse für den Winkel α	51
Abbildung 37: Messergebnisse für den Winkel β	52
Abbildung 38: Messergebnisse für den Winkel γ	53
Abbildung 39: Messergebnisse für den Winkel δ	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: weltweite Smartphone-Verkäufe 2012 und 2013 [1]	16
Tabelle 2: Seitenlängen.....	35
Tabelle 3: Winkel der Seitenflächen zueinander	35
Tabelle 4: Veranschaulichung der relevanten Winkel.....	36
Tabelle 5: Winkel der Grundfläche	39
Tabelle 6: Auswahl der Apps.....	41
Tabelle 7: Verwendete Apps iOS	41
Tabelle 8: Messergebnisse mechanisches Goniometer	42
Tabelle 9: Messergebnisse Angulus ROM	42
Tabelle 10: Messergebnisse GetMyROM.....	42
Tabelle 11: Messergebnisse Goniometer	43
Tabelle 12: Messergebnisse Goniometer Pro	43
Tabelle 13: Messergebnisse Goniometer Records.....	43
Tabelle 14: Messergebnisse Goniometro	44
Tabelle 15: Messergebnisse Joint Goniometry.....	44
Tabelle 16: Messergebnisse Simple Goniometer	44
Tabelle 17: Messergebnisse DrGoniometer	45
Tabelle 18: Messergebnisse iGonio	45
Tabelle 19: Messergebnisse PhotoGoniometer.....	45
Tabelle 20: Messergebnisse PT Tools	46
Tabelle 21: Verwendete Apps Android	47
Tabelle 22: Messergebnisse Goniometer Pro	48
Tabelle 23: Messergebnisse Goniometer Records.....	48
Tabelle 24: Messergebnisse ROM Messung.....	48
Tabelle 25: Messergebnisse Goniometer	49

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben sich Smartphones immer weiter in unser alltägliches Leben „gedrängt“ und für viele ist es heute wohl undenkbar, auf den ständigen Begleiter zu verzichten. 2013 wurden weltweit insgesamt 986 Millionen Exemplare verkauft, das ist ein Plus von 42,3% im Vergleich zu 2012. Des Weiteren machten Smartphones mit 53,6% erstmals mehr als die Hälfte der verkauften mobilen Telefone aus. Samsung hatte 2013 mit 31,0% Marktanteil die Nase vorne, gefolgt von Apple (15,6%) und die restlichen Hersteller verzeichneten in der Summe die verbliebenen 53,4% der Verkäufe, blieben aber einzeln jeweils unter der 5% Marke [1].

Sieht man sich an, welche Betriebssysteme auf den verkauften Smartphones laufen, so lag hier 2013 Googles Android mit 78,4% klar vor iOS von Apple mit 15,6%. Die restlichen 6% teilten sich Microsoft, BlackBerry und andere auf, was zeigt, wie klar der Markt von den beiden erstgenannten dominiert wird [1].

Das sind beeindruckende Zahlen und man kann sich auch leicht vorstellen, wie Smartphones immer mehr auch Einzug in den medizinischen Bereich finden. Im Jahre 2015 werden voraussichtlich 500 Mio. User medizinische Apps auf ihren Geräten installiert haben [2]. Diese Flut an Apps zieht sich auch jetzt schon durch den medizinischen Alltag von Patientinnen und Patienten, Studierenden und ärztlichem Personal. Letztlich wird es notwendig sein, hier eine Methode zu finden um die Zulassung solcher Apps in irgendeiner Weise zu kontrollieren und den Gebrauch sicher zu machen [3]. Die FDA hat damit schon begonnen [4].

1.1 Die Hand

1.1.1 Allgemeines

Die Hand befindet sich am distalen Ende der oberen Extremität und ist das Greiforgan der Primaten und des Menschen. Eine Besonderheit liegt im opponierbaren Daumen, den man vor jeden Finger bewegen kann (Opposition). Des Weiteren bleibt es nur dem Menschen vorbehalten, seine Hand zur Faust ballen zu können [5].

Die Funktion der Hand ist mannigfaltig, sie dient als Kommunikationsmittel in der Körpersprache, zum Zeigen, zum Ausdrücken von Gesten aber auch zum Zählen, Rechnen und Tippen. Am Wichtigsten aber ist ihre Aufgabe als Tast- und Greiforgan für den Menschen. Hier kann man zwei grundlegende Greifformen unterscheiden: den Präzisionsgriff und den Kraftgriff [5].

Der Präzisionsgriff ermöglicht die Haltung und Benutzung von Gegenständen, wobei nur die Fingerkuppen von Daumen, Zeigefinger und gegebenenfalls auch Mittelfinger zum Einsatz kommen [Abbildung 1].



Abbildung 1: Präzisionsgriff [6]

Beim Kraftgriff werden die gesamte Handinnenfläche, der Daumen und die Finger verwendet um genügend Kraft auf ein Objekt auszuüben. Dabei wird der Daumen opponiert um den Gegenstand führen zu können [Abbildung 2].



Abbildung 2: Kraftgriff [7]

1.1.2 Anatomie

1.1.2.1 Abgrenzungen

Anatomisch-topografisch betrachtet, unterscheiden *Hafferl/Thiel* streng genommen die Hand und die Finger. Als Grenze der Hand gegen den Unterarm wird sowohl dorsal als auch palmar die Verbindungslinie zwischen den Processus styloidei radii et ulnae etwas proximal ihrer Spitzen angenommen. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch beginnt die Hand an der distalen der beiden Hautfaltlinien, welche oberhalb des Handtellers zu sehen sind. Die Grenze der Hand gegen die Finger sind dorsal die Köpfchen der Ossa metacarpalia und palmar das Ende der interdigitalen Falten. An der Hand selbst kann man die Palma manus, das Dorsum manus und die beiden Muskelballen unterscheiden [8].

1.1.2.2 Knochen

Die Hand umfasst insgesamt 27 Knochen. Es finden sich 8 Handwurzelknochen (4 in der proximalen und 4 in der distalen Reihe), 5 Mittelhandknochen und 14 Knochen im freibeweglichen Teil, den Fingern. Jeder Finger wird aus 3 Phalangen gebildet, lediglich auf den Daumen entfallen nur 2 [9]. In Abbildung 3 sind die Knochen der Hand mit Beschriftungen dargestellt.

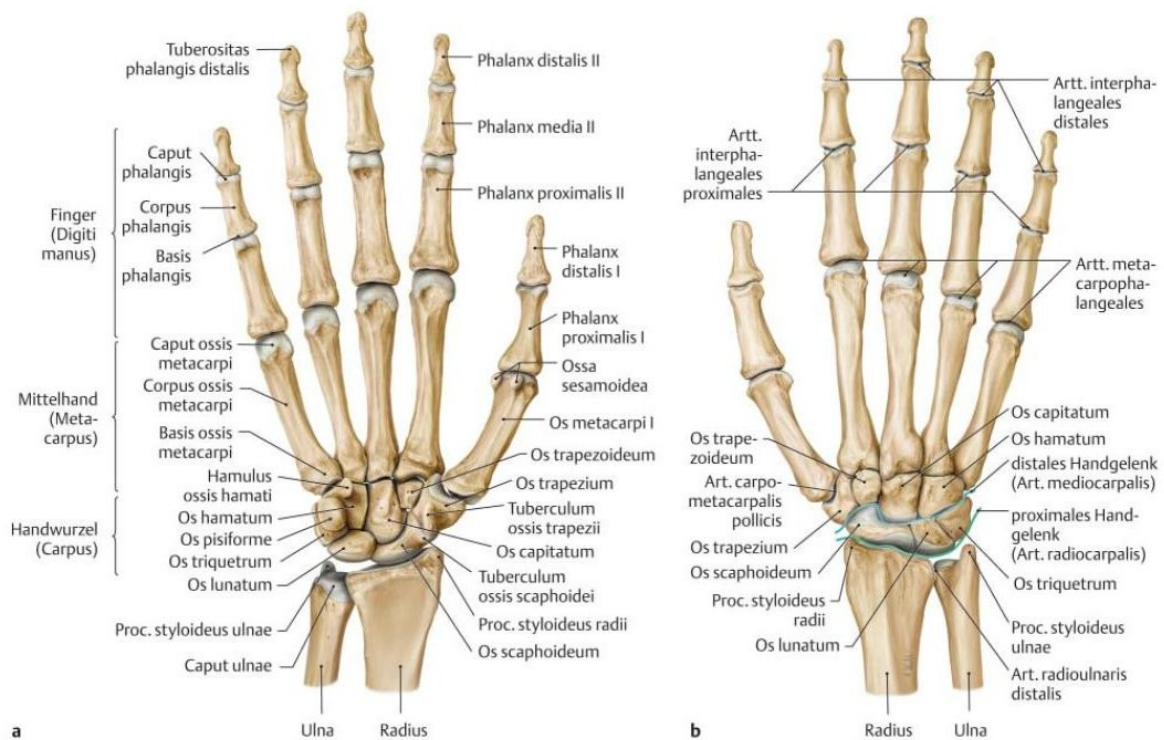


Abbildung 3: Knochen der Hand von palmar (a) und dorsal (b) [10]

1.1.2.3 Gelenke

Das Handgelenk setzt sich aus zwei Gelenken zusammen: dem proximalen Handwurzelgelenk (Art. radiocarpalis zwischen dem Radius und der proximalen Handwurzelreihe) und dem distalen Handwurzelgelenk (Art. mediocarpalis zwischen der proximalen und distalen Handwurzelreihe). Bewegungen finden immer in beiden Gelenken kombiniert statt, diese sind also als eine funktionelle Einheit zu betrachten. Möglich sind die Dorsalextension, die Palmarflexion, die Radialabduktion und die Ulnarabduktion [11] [Abbildung 4]. Des Weiteren sind die Handwurzelknochen innerhalb der beiden Reihen gelenkig miteinander verbunden (Artt. intercarpales), was eine Beweglichkeit untereinander erlaubt [9]. Diese Beweglichkeit der eigentlichen Gelenkkörper untereinander ermöglicht eine wichtige Verformbarkeit der Hand beim Greifen. Man kann sich diese Bewegungen in etwa so vorstellen wie einen Sack, der prall gefüllt mit Kugeln ist. Hinzu kommt auch noch eine leichte Beweglichkeit in den Karpometakarpalgelenken II-V und den Intermetakarpalgelenken [10].

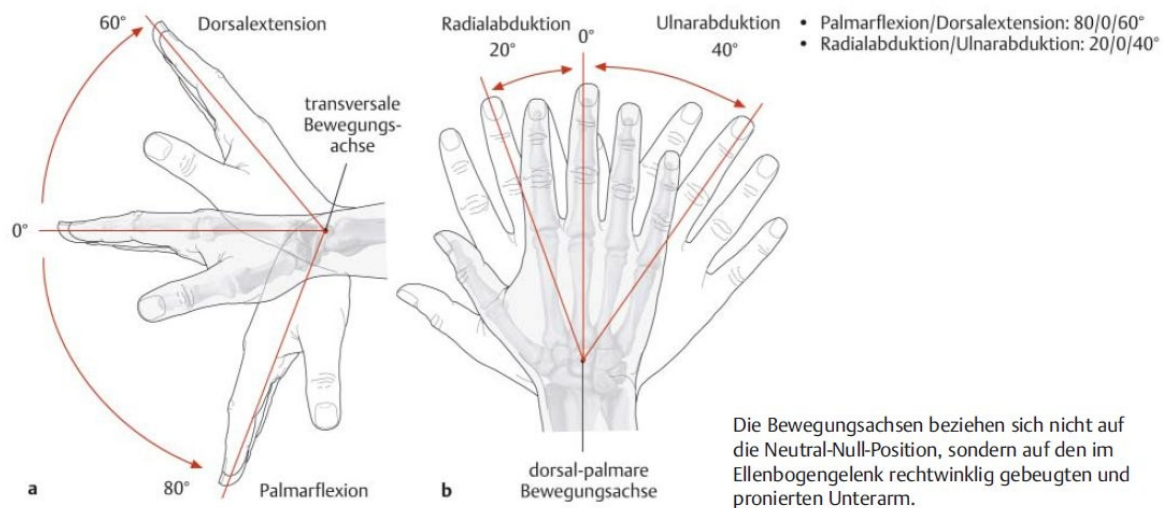


Abbildung 4: Bewegungsmöglichkeiten im Handgelenk [10]

Unter den Karpometakarpalgelenken kommt der Art. carpometacarpalis I, dem Daumensattelgelenk, eine Sonderstellung zu. Es ermöglicht die Opposition des Daumens und ist wichtig für die Greiffunktion der Hand. Möglich sind Extension und Flexion, Abduktion und Adduktion und Rotation [9,10] [Abbildung 5].

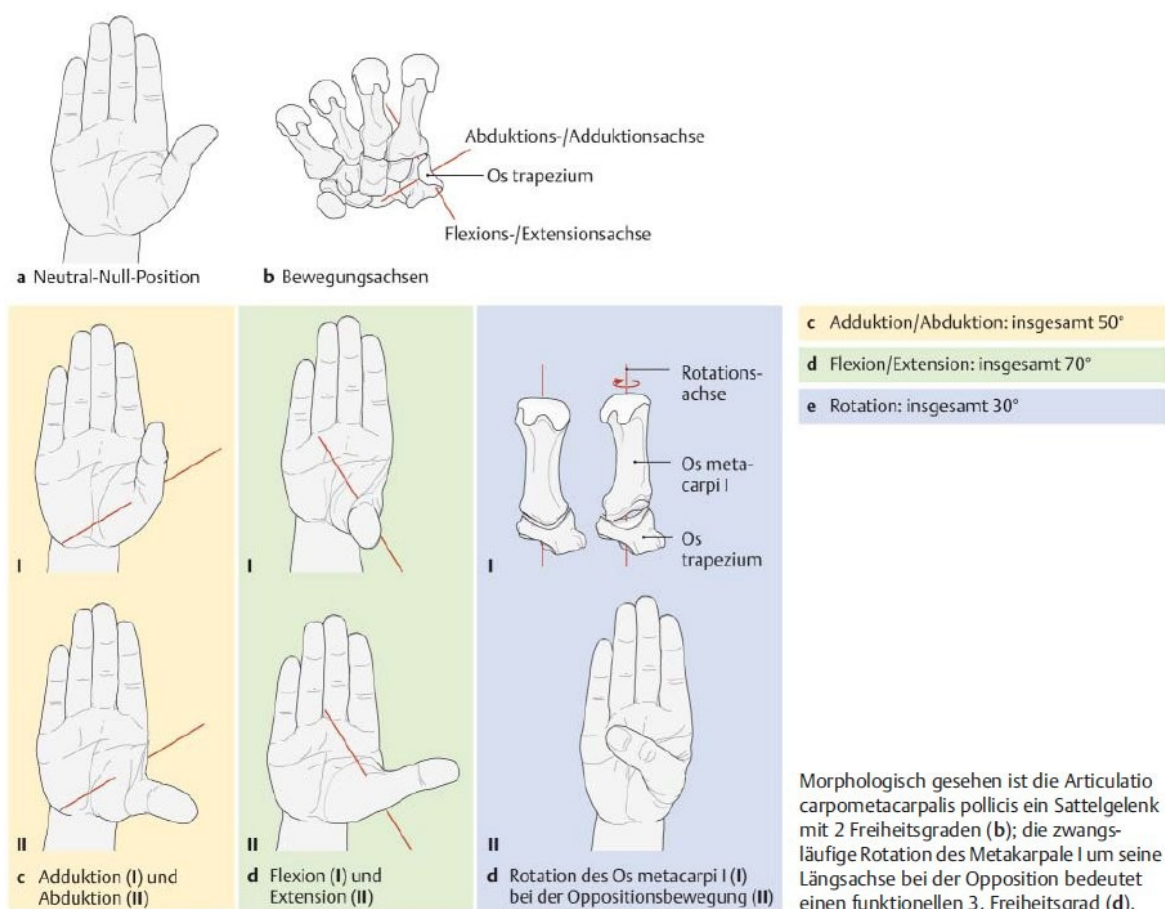


Abbildung 5: Bewegungen im Daumensattelgelenk [10]

Auch unter den Fingergrundgelenken (Artt. metacarpophalangeae, MCP) nimmt das Daumengrundgelenk eine Sonderstellung, weil es nur Scharnierbewegungen (ca. 50°) gestattet [10]. Die anderen vier Fingergrundgelenke sind Kugelgelenke mit sehr straffem Bandapparat. Möglich sind Flexion und Extension, Abduktion und Adduktion um eine dorsopalmare Achse und Rotation, die allerdings nur passiv möglich ist [9] [Abbildung 6].

- Flexion/Extension: 90/0/45°
- Adduktion/Abduktion: 10/0/20°

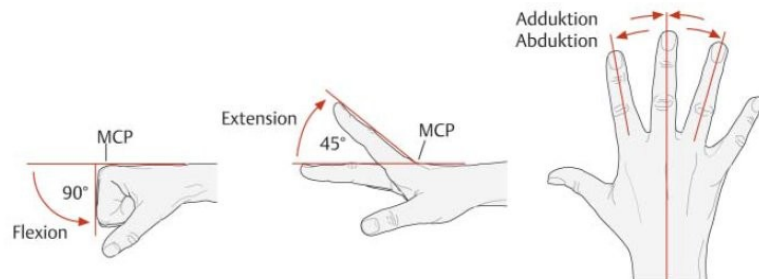


Abbildung 6: Bewegungsmaß in den Fingergrundgelenken [10]

Bei den Interphalangealgelenken unterscheidet man zwischen PIP-Gelenken (zwischen Grund- und Mittelphalanx) und DIP-Gelenken (zwischen Mittel- und Endphalanx). Allen ist jedoch nur die Bewegung in einem Freiheitsgrad möglich [10]. Das Bewegungsmaß ist in Abbildung 7 dargestellt.

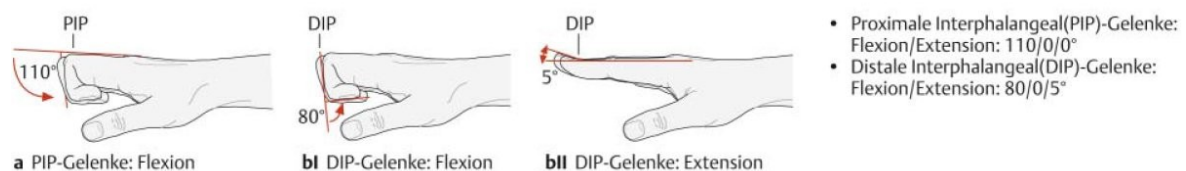


Abbildung 7: Bewegungsmaß der Fingergelenke [10]

Abschließend zur Anatomie der Gelenke ist zu sagen, dass die Beweglichkeit der Hand aus einem komplexen Zusammenspiel vieler einzelner und kombinierter Gelenke resultiert. Die Aufrechterhaltung der Funktion dieser ist bei der Handchirurgie von hoher Priorität und wird objektiv durch Messung des Bewegungsumfanges in den Gelenken mit Hilfe eines Goniometers festgestellt.

1.1.2.4 Muskeln

Für die Bewegungen in den zahlreichen Gelenken der Hand sind 34 Muskeln verantwortlich. 15 dieser 34 kommen aus den 3 Gruppen der Unterarmmuskeln (dorsale, ventrale und radiale Gruppe) und ziehen mit ihren Sehnen zur Hand und bewegen diese im Handgelenk. Überhaupt nur 4 von insgesamt 19 Muskeln, die am Unterarm entspringen, enden gleichzeitig am Unterarm (M. supinator, M. pronator teres, M. pronator quadratus und M. brachioradialis), der Rest zieht zur Hand. An der Hand selbst entspringen 19 Muskeln, die eher von kleiner und schlanker Natur sind: 4 Thenarmuskeln, 4 Hypothenarmuskeln und 11 Muskeln liegen zwischen den Mittelhandknochen [12]. Allein diese Verteilung zeigt schon, welche Priorität der Beweglichkeit der Hand zukommt. Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Muskulatur der Hand.

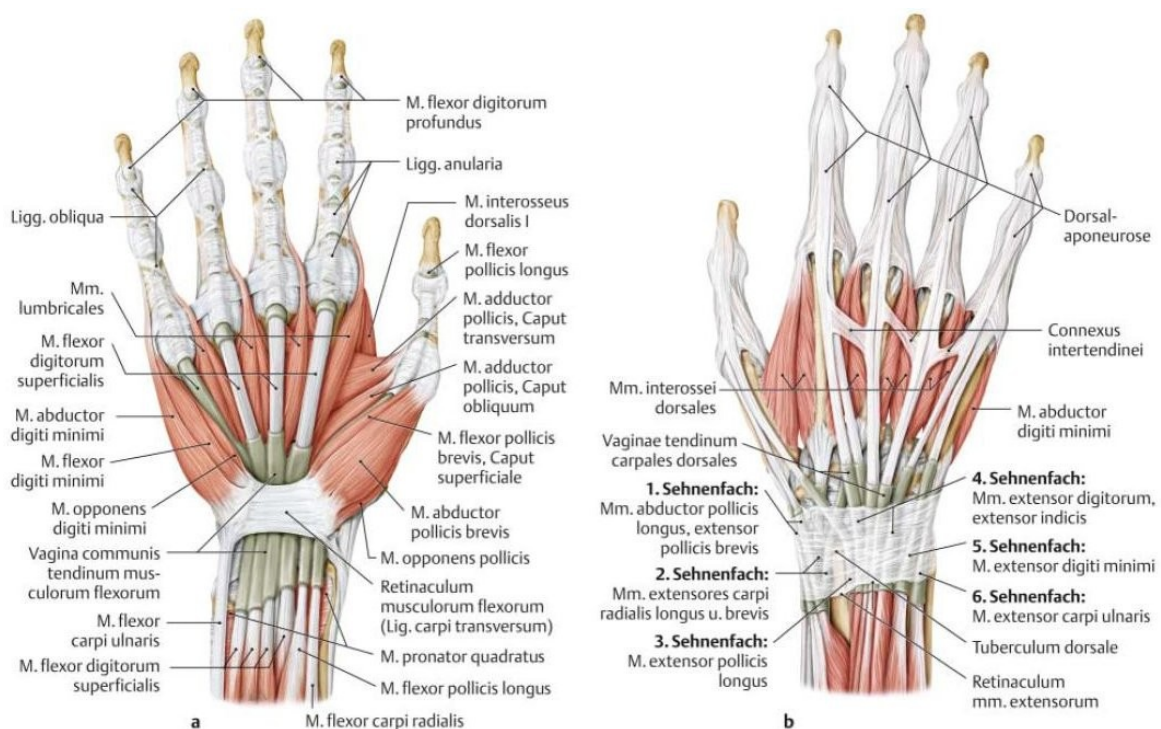


Abbildung 8: Muskeln der Hand von palmar (a) und dorsal (b) [10]

1.1.2.5 Nerven

Die Fasern für die Innervation der Hand kommen aus dem Plexus brachialis, einem Geflecht der Rr. ventrales aus den Rückenmarksegmenten C5-Th1. Nach dem Austritt aus dem Rückenmark vermischen sich diese Fasern in Trunci und Fasciculi bis sie schließlich die peripheren Nerven der oberen Extremität bilden. Die 3 Nerven, die schlussendlich bis zur Hand ziehen und diese innervieren, sind: N. medianus, N. radialis und N. ulnaris [9]. Abbildung 9 und Abbildung 10 geben Überblick über die Topographie der Nerven von palmar und dorsal.

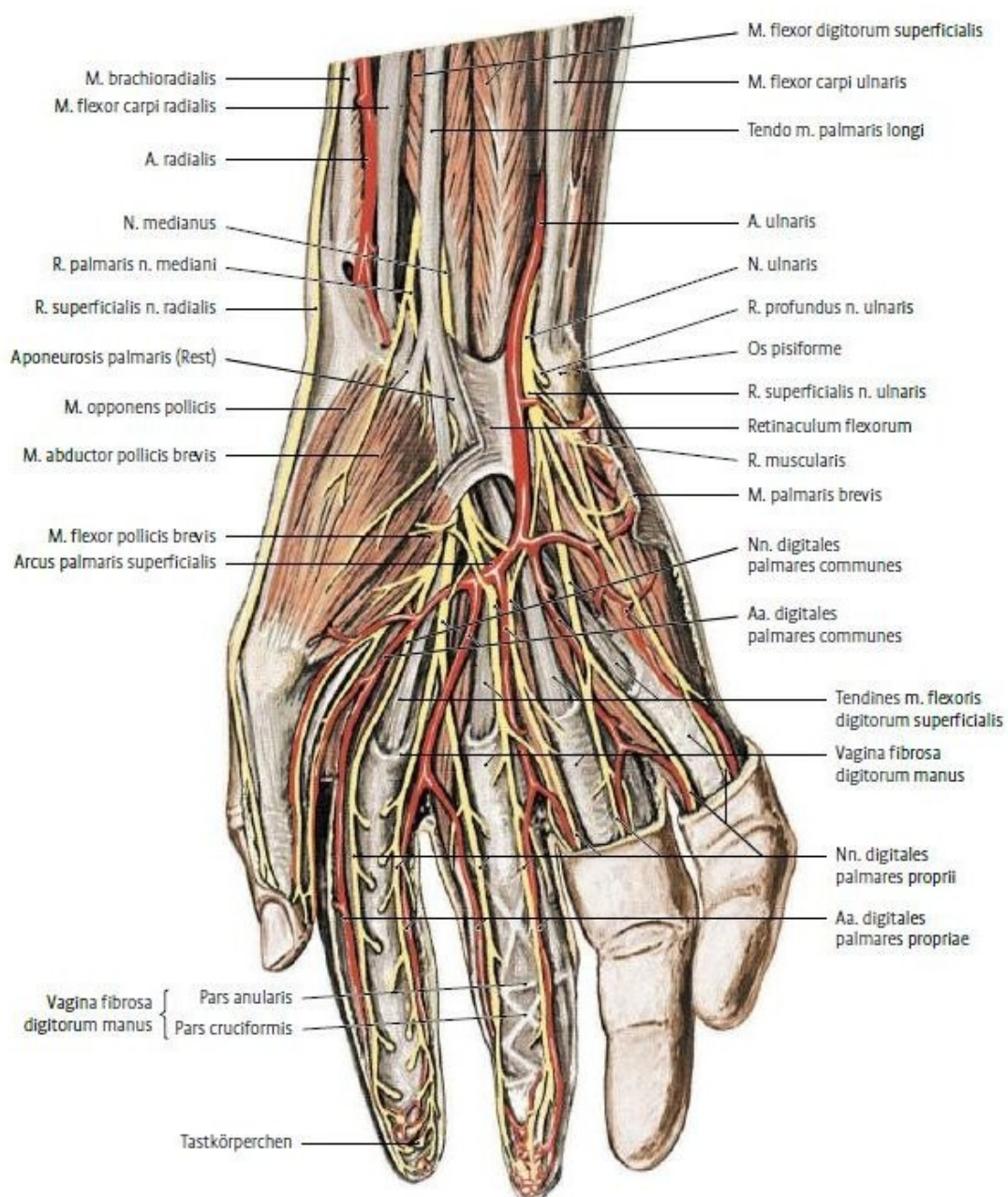


Abbildung 9: Topographie der Nerven von palmar [9]

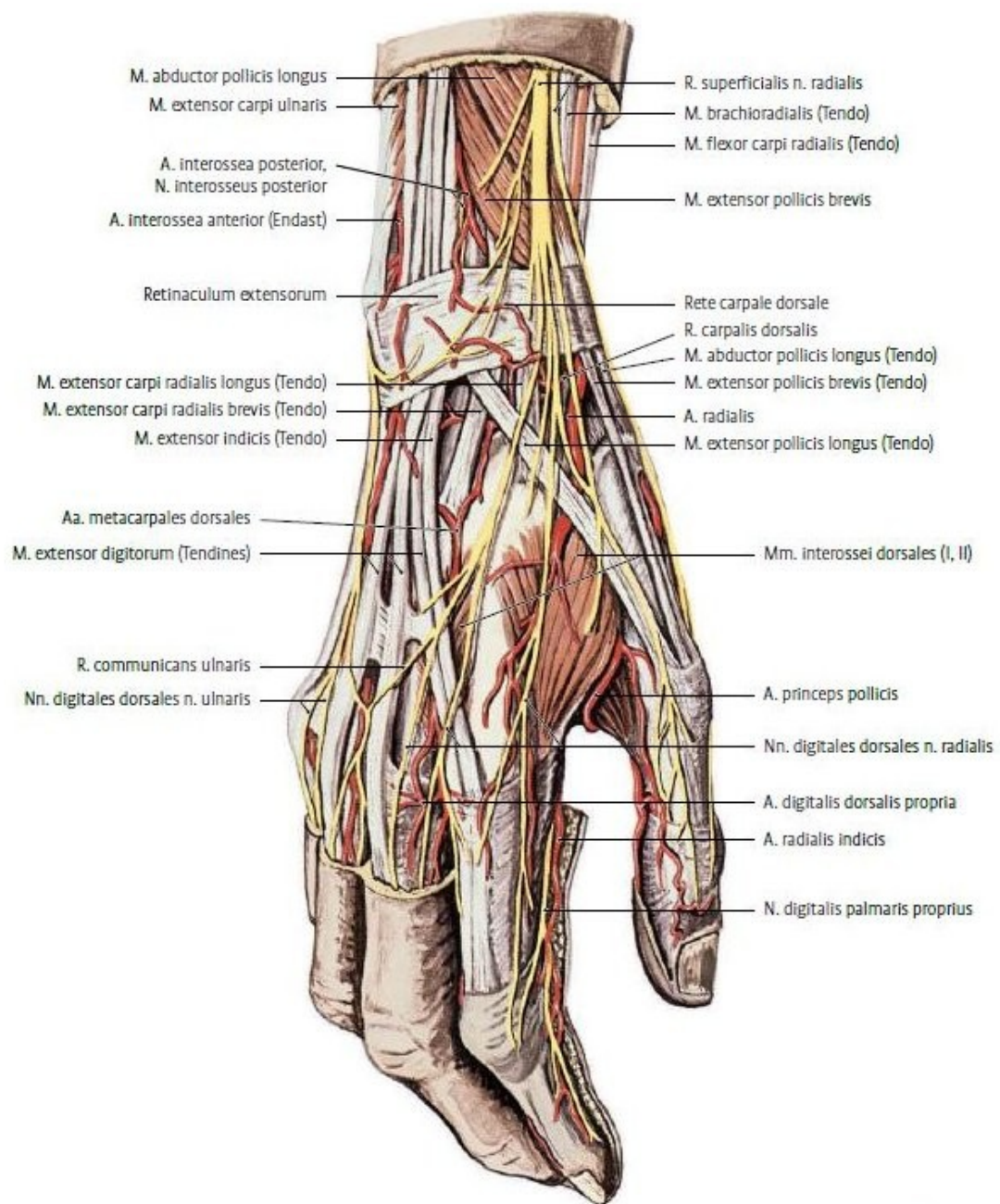


Abbildung 10: Topographie der Nerven von dorsal [9]

1.1.2.6 Blutversorgung

Die Hand wird von zwei Arterien versorgt, die aus der A. brachialis hervorgehen: die A. radialis und die A. ulnaris. In der Hohlhand bilden diese zwei Arterien zwei Arterienbögen, indem sie Äste abgeben, die miteinander anastomosieren: der Arcus palmaris profundus wird hauptsächlich von der A. radialis gespeist und der Arcus palmaris superficialis erhält den Hauptanteil aus der A. ulnaris. In der Regel stammt der Arcus palmaris profundus den größeren Anteil der Blutversorgung [9] [Abbildung 11].

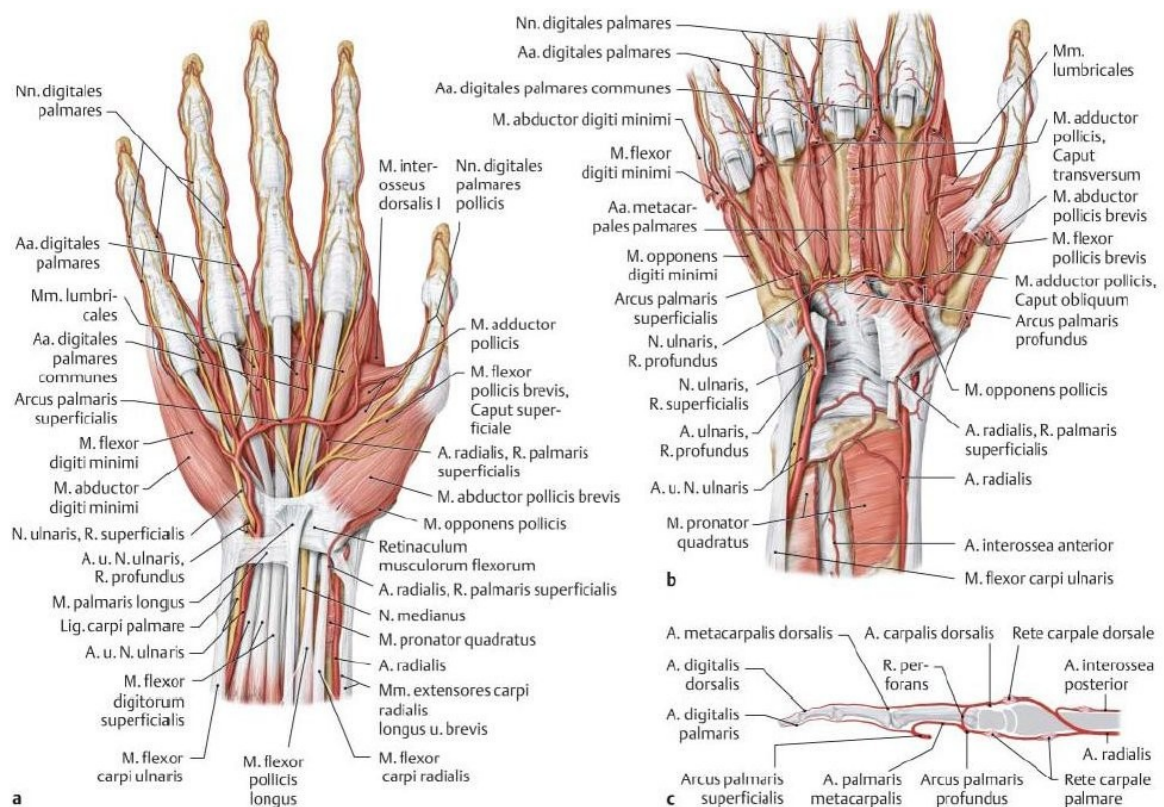


Abbildung 11: Blutversorgung der Hand [10]

1.1.3 Kurze Geschichte der Handchirurgie

Schon aus dem Jahre 400 v. Chr. ist bekannt, dass *Hippokrates von Kos* in seinem Werk *Corpus Hippocraticum* die Reposition von Luxationen und Frakturen der Hand behandelte. Um 1480 entstanden aus der Feder von *Leonardo da Vinci* genaue anatomische Studien zu Knochen, Muskeln, Sehnen und Blutgefäßen der Hand, ferner beschrieb er auch schon die A2- und A4-Ringbänder [13] [Abbildung 12]. Baron *Guillaume Dupuytren* (1777-1835) war Pathologe und Leibarzt Ludwigs XVIII. und Karls X., er beschrieb als erster die später nach ihm benannte Dupuytren'sche Kontraktur, eine knotige und strangförmige Bindegewebsveränderung der Hand [14].

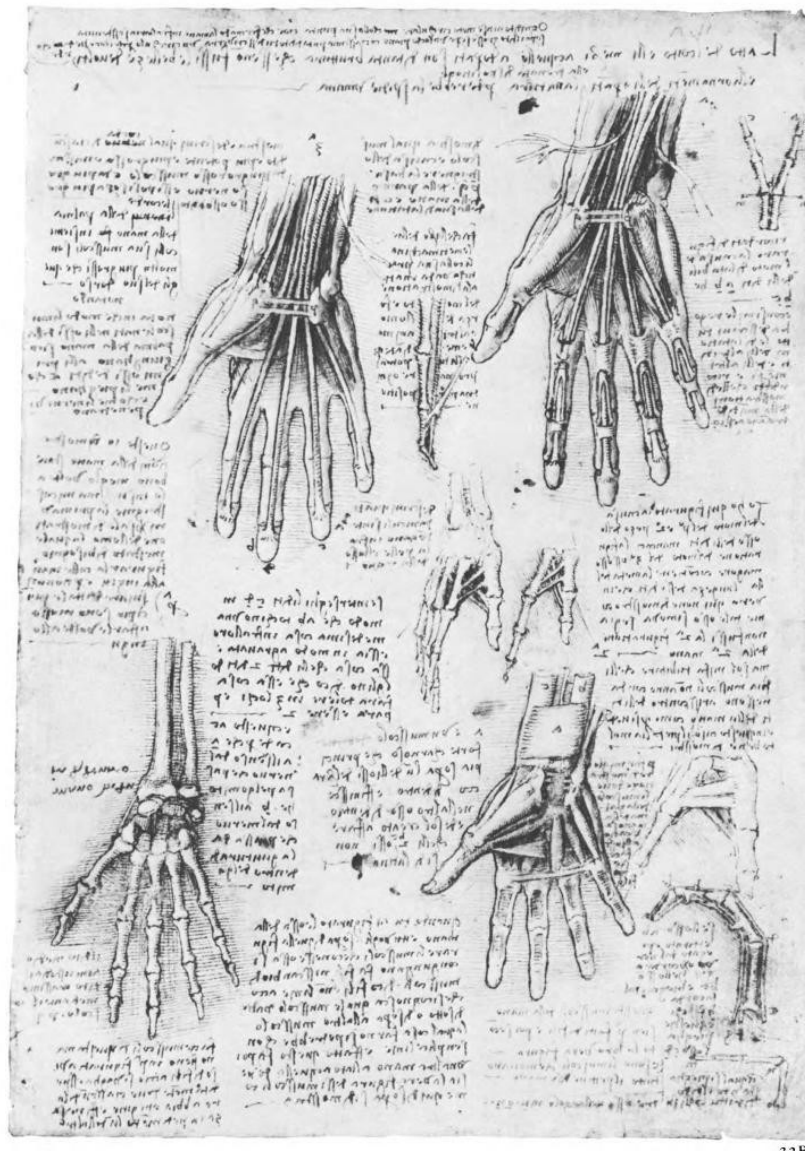


Abbildung 12: Handstudie von Leonardo Da Vinci [15]

Ein Meilenstein ist zweifellos die Einführung der Asepsis und der Anästhesie im 19. Jahrhundert und als dann erstmals ebenfalls in diesem Jahrhundert die pneumatische Blutleere Verwendung fand, erfuhr die Chirurgie einen rasanten Aufschwung [14]. Nun konnte unter kontrollierten, aseptischen Bedingungen und unter guter Sicht ohne zu starke Blutung operiert werden, was dann auch zu zunehmender Spezialisierung führte.

Trotz alledem begann die Entwicklung der modernen Disziplin Handchirurgie, wie wir sie heute kennen, erst im 20. Jahrhundert in den USA mit Pionieren wie *Allen Buckner Kanavel* und *Sterling Bunnell*. *Kanavels* Werk „*Infections of the Hand*“ half damals bei der Erforschung von Eintrittspforten und Ausbreitungswegen bei Handinfektionen [13,14]. *Bunnell* arbeitete im ersten Weltkrieg im U.S. Army Medical Corps und wurde im Zuge dessen immer mehr mit Handverletzungen und Wiederherstellungschirurgie konfrontiert. Bis zum zweiten Weltkrieg brachte er zahlreiche Studien heraus und 1944 erschien dann sein wichtigstes Werk, das bis heute als eines der bedeutendsten der Handchirurgie gilt: „*Surgery of the Hand*“ [16]. Damit war wohl endgültig ein neues Fachgebiet geboren.

In Deutschland und Österreich hat sich die Handchirurgie allerdings bis heute nicht als eigenständiges und unabhängiges Fach durchgesetzt, und das trotz hohem Spezialisierungsgrad und tausender verschiedener Operationen (allein 30-40% der Arbeitsunfälle betreffen die Hand) [13]. Seit *Sterling Bunnell* gab es viele weitere große Chirurginnen und Chirurgen, die sich mit dem Thema der Handchirurgie beschäftigt haben und viele Werke, die inzwischen entstanden sind, alles nachzulesen in spezieller Fachliteratur. Nicht zuletzt durch die Einführung der Mikrochirurgie hat diese junge Disziplin einen weiteren Schritt gemacht und es werden mit Sicherheit viele weitere folgen.

1.2 Goniometer

1.2.1 Allgemeines

Goniometer ist in der Medizin ein allgemeiner Ausdruck für ein Werkzeug, das verwendet wird, um durch Messung eines Winkels den Bewegungsumfang in einem Gelenk zu quantifizieren. Dieses Hilfsmittel begleitet Chirurgeninnen und Chirurgen im beruflichen Alltag, die in rekonstruktiven, orthopädischen oder traumatologischen Spezialisierungen tätig sind.

1.2.2 Ausführungen

Es gibt mehrere Varianten dieser Werkzeuge, wobei das universelle bzw. mechanische Goniometer wohl die einfachste und am meisten verwendete Ausführung darstellt [Abbildung 13]. Es ist aufgebaut aus dem eigentlichen Winkelmesser, einer Skala, auf der die Winkelgrade aufgetragen sind, und zwei Armen, die sich gegeneinander verschieben lassen. Durch diese Arme läuft eine Achse, mit der man die Position gegeneinander messen kann. In der Praxis ist dabei ein Arm der stationäre bzw. unbewegliche, der andere wird relativ dazu bewegt und der Winkel wird an der Skala abgelesen. Das universelle Goniometer kann einen Winkel von 0-180° messen und erlaubt eine Bewegung der Arme in beide Richtungen. Um den Bewegungsumfang in Fingergelenken zu messen, gibt es eigens Anfertigungen mit kleineren Armen [17].

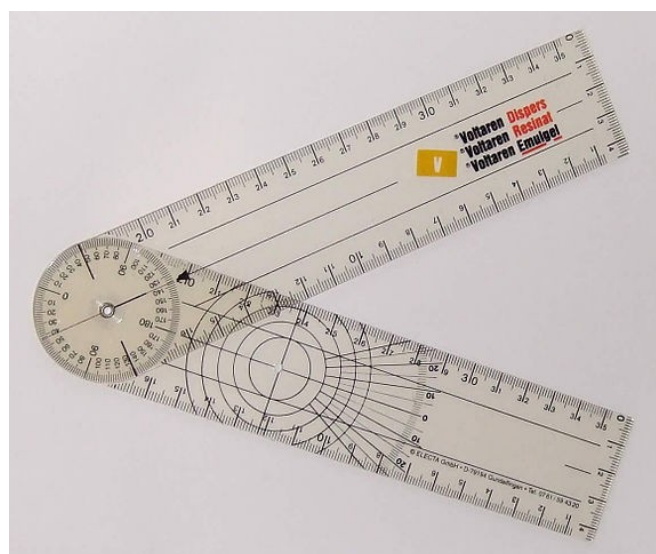


Abbildung 13: universelles Goniometer [18]

Neben dem einfachen mechanischen Goniometer gibt es noch eine Reihe anderer Ausführungen, die z.B. mit einer Flüssigkeit gefüllt sind oder mit Hilfe der Schwerkraft und somit wie eine Wasserwaage funktionieren. Andere kommen ganz ohne bewegliche Arme oder der Hilfe der Schwerkraft aus und stellen nur eine Skala mit Pfeil dar, dadurch sind sie aber auch aus Mangel an anatomischen Referenzpunkten unzuverlässig [19].

Die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte haben auch gezeigt, dass vor allem auch danach gesucht wurde, den komplizierten Bewegungsabläufen in Gelenken Rechnung zu tragen und nicht nur in einer Ebene zu messen. So wurde schon 1980 ein Goniometer getestet, das auf einem Gyroskop basiert und die Beweglichkeit dreidimensional in mehreren Ebenen messen kann [20]. Heutzutage gibt es Goniometer, die auf modernen und aufwendigen Methoden beruhen und elektromechanische oder optoelektronische Bauelemente enthalten, die durch die Scharnierbewegung zweier Schienen beispielsweise die Drehachse eines veränderbaren Widerstandes betätigen oder ein optisches Raster im Strahlengang einer Lichtschranke bewegen. Dadurch werden elektrische Signale gewonnen, die man aufzeichnen und in Beziehung mit anderen bewegungsspezifischen Daten setzen kann [21]. Eine weitere Gruppe von neuen aufwendigen Systemen sind, vereinfacht gesagt, tragbare Kleidungsstücke, die Sensoren und Transmitter beinhalten. So kann man beispielsweise den Umfang von Pronation und Supination mit einem System von mehreren Sensoren messen, die an einem Handschuh befestigt sind, den man einfach überzieht und die Bewegungen daraufhin durchführt [22]. Oder aber nach ähnlichem Prinzip enthalten andere Textilien (z.B. ein Strumpf wie in Abbildung 14) die Sensoren, wodurch man entweder statisch oder dynamisch die Bewegungen eines Gelenks festhalten kann [23]. Solche Systeme sind für den Alltag zu kompliziert und lohnen sich nur für sehr spezielle Fragestellungen und Bewegungen in Gelenken mit vielen Freiheitsgraden bzw. Gelenken, die immer kombiniert bewegt werden und deren Summe die eigentliche Beweglichkeit darstellt, wie es in der Wirbelsäule der Fall ist.



Abbildung 14: modernes Goniometer [23]

In der Praxis ist allerdings die Befestigung dieser Messsysteme am Körper und die damit verbundenen Ungenauigkeiten ein Problem, wie z.B. die Verschieblichkeit der Haut [21]. Und nicht nur die unterschiedliche Genauigkeit der verschiedenen Goniometer, sondern auch Anwenderfehler durch mehrere Personen und das Nichteinhalten von Untersuchungsprotokollen spielen eine Rolle in der Verlässlichkeit der Ergebnisse [24].

Die jüngste Generation stellen die Smartphone-basierten Goniometer dar, die als App heruntergeladen und benutzt werden können. Sie stehen für alle Betriebssysteme in den jeweiligen Stores online zur Verfügung und sind entweder gratis oder kostenpflichtig. Auf diese Gruppe wird im weiteren Verlauf der Arbeit genauer eingegangen.

1.3 Smartphones und Apps

1.3.1 Smartphones und Apps in der Medizin allgemein

„Dafür gibt es eine App“. Ein Satz, mit dem man heute immer öfter konfrontiert wird und der sich auf die neue Generation von mobilen Telefonen, die Smartphones, bezieht. Der Siegeszug dieser hat zweifelsohne 2007 mit dem Marktstart von Apples iPhone begonnen, jedoch gibt es heute eine Reihe von Herstellern. Der Verkauf dieser hat 2013 fast eine Milliarde Exemplare erreicht und ist schnell am wachsen, wie Tabelle 1 zu entnehmen ist. Diese sind fähig Software-Applikationen („Apps“) auszuführen, die den unterschiedlichsten Zwecken dienen und aus allen Bereichen des Lebens kommen. Die Apps stammen meist von Drittanbietern und können aus App Stores heruntergeladen werden. Jedes Betriebssystem hat seinen eigenen App Store und somit variieren auch die Apps, die dort angeboten werden. Sowohl Apples App Store als auch Googles Play Store beinhalten seit dem Jahr 2013 mehr als 1 Million Apps, die insgesamt pro Store mehr als 50 Milliarden mal heruntergeladen wurden - Tendenz rasant steigend [25,26]. Auch in der Medizin boomen Apps in allen Bereichen unter ärztlichem Personal, Studierenden und Patientinnen und Patienten. Experten schätzen, dass 2015 auf weltweit ca. 500 Mio. Smartphones medizinische Apps installiert sein werden [2].

Hersteller	Verkäufe 2013 (in Tausend)	Marktanteil 2013	Verkäufe 2012 (in Tausend)	Marktanteil 2012
Samsung	299.794,9	31,0%	205.767,1	30,3%
Apple	150.785,9	15,6%	130.133,2	19,1%
Huawei	46.609,4	4,8%	27.168,7	4,0%
LG Electronics	46.431,8	4,8%	25.814,1	3,8%
Lenovo	43.904,5	4,5%	21.698,5	3,2%
andere	380.249,3	39,3%	269.526,6	39,6%
Total	967.775,8	100,0%	680.108,2	100,0%

Tabelle 1: weltweite Smartphone-Verkäufe 2012 und 2013 [1]

1.3.1.1 Anwendungsmöglichkeiten

Die Verwendungsmöglichkeiten sind uneingeschränkt und erstrecken sich für medizinische Berufe über Diagnostik, Medikamenteninformation, medizinische Rechner, Literatursuche in medizinischen Journalen, Kommunikation in der Klinik, medizinische Skills, Allgemeinmedizin und Ausbildung von Studierenden. Patientinnen und Patienten profitieren von Apps über chronische Krankheiten, Fallbeispielen und HNO-Krankheiten wie sie im Alltag auftreten [27]. Ein vielseitiges Beispiel dafür ist „Medscape“ [Abbildung 15]. Diese App bietet alle Informationen rund um Untersuchungen, Krankheiten (Pathologie, Pathophysiologie, Ätiologie, Epidemiologie, Klinik, Differentialdiagnosen, Diagnostik, Behandlung, Medikation), Medikamente, Prozeduren wie ZVK oder auch über Neuigkeiten aus der Medizin.

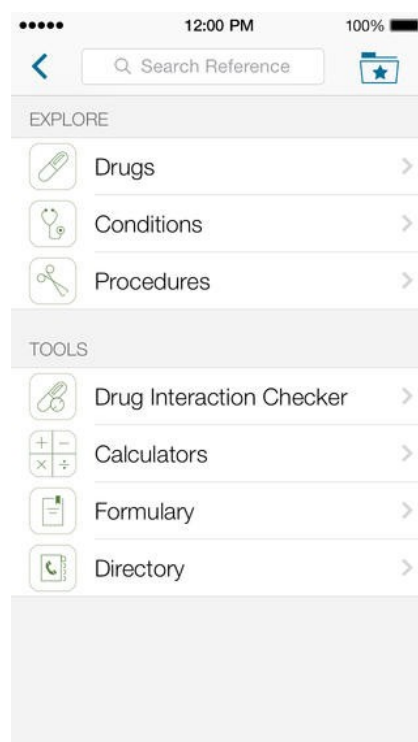


Abbildung 15: Medscape [28]

Diese neuen Wissensquellen erfreuen sich großer Beliebtheit unter ärztlichem Personal wie auch Studierenden, vor allem Apps aus den Bereichen Diagnostik, Pharmakologie und medizinische Rechner [27]. Für angehende Ärztinnen und Ärzte sind Stützen zur Anamneseerhebung, klinischen Untersuchung, Interpretation der Ergebnisse und Findung einer passenden Diagnose nützlich. Apps ersetzen den Umgang mit Taschenbüchern der Pharmakologie, man tippt

einfach den Namen eines Wirkstoffes ein und erfährt sofort den Handelsnamen eines Präparats, Indikation, Kontraindikationen, Dosierungen, Wechselwirkungen und Nebenwirkungen. In der heutigen Evidence-based Medicine bieten Apps sofortigen Zugriff auf neueste Studien und Informationen und machen es auch möglich gleich in gängigen Journalen nachzuschlagen, womit das Feld der medizinischen Forschung auch etwas mehr in den klinischen Alltag integriert wird. Möglicherweise bringt das mehr junge Leute in die Forschung [29]. Im Gegensatz dazu finden sich auch für Allgemeinmediziner in den ländlicheren Gebieten nützliche Hilfen [30]. Ferner bieten sich auch gute Möglichkeiten, Patientinnen und Patienten ihre Krankheiten näher zu bringen, diese besser zu verstehen und den Umgang damit zu erleichtern (Patient Education) [27].

Ein weiteres spannendes Anwendungsgebiet für Smartphones ist die Telemedizin, die dadurch noch vielfältigere Einsatzmöglichkeiten erhält. Das geht von ärztlichen Fernkonsultationen via Skype, die Hausbesuche ersetzen [31], über das Echtzeitmonitoring von Bioparametern [32] bis hin zu Anwendungen in der Notfallmedizin bei der Diagnostik von Schlaganfällen am Ort des Geschehens via Apples Facetime [33]. Hierzu ist zu sagen, dass das Gebiet der Telemedizin durch Apps nicht neu erfunden oder revolutioniert wird, jedoch kann es durch die sinnvolle Integration von Smartphones durchaus an Breite gewinnen, da diese mobil und überall verfügbar sowie einsetzbar sind.

1.3.1.2 Häufigkeit der Verwendung

Im klinischen Setting zeigt sich, dass der Einsatz von mobilen Geräten besonders dann gefragt ist, wenn ein gewisser Zeitdruck herrscht, schnell Informationen gebraucht werden und nicht viel Zeit zur Verfügung steht, um eine Entscheidung zu treffen [34]. Eine englische Studie aus dem Jahr 2012 fand heraus, dass 79,0% der Studierenden und 74,8% der Jungärztinnen und Jungärzte ein Smartphone besaßen, wobei der Großteil medizinische Apps installiert hatte und diese auch täglich nutzte [35]. Eine kanadische Studie aus dem Jahr 2014 hat die Nutzungsgewohnheiten an vier Universitäten erforscht, um zu sehen wie häufig Apps auf Smartphones und Tablets verwendet werden. Von 1210 Teilnehmern besaßen 92,6% ein App-fähiges Gerät, und davon benutzten wiederum 47,5% ihr Smartphone/Tablet täglich. 93,6% der Assistenzärztinnen und Assistenzärzte und

94,6% der Studierenden nutzten es zumindest mehrmals pro Woche [36]. Diese beiden Studien zeigen wie hoch der Prozentsatz an Studierenden bzw. ärztlichem Personal ist, die Apps verwenden. Da davon ausgegangen werden kann, dass in Kanada und Großbritannien die Nutzungsgewohnheiten ähnlich sind, wird auch klar, dass sich in den letzten beiden Jahren die Nutzung stark erhöht hat.

1.3.1.3 Bedenkpunkte

Bei alledem muss natürlich gefragt werden, wie kann überhaupt noch der Überblick über die Flut an Apps behalten werden und wie kann ein Nutzer feststellen, ob die angebotenen Apps vertrauenswürdig sind oder nicht bzw. ob sie brauchbare und zuverlässige Informationen liefern. Es kommt immer mehr zu einem „app overload“, wo Ärztinnen, Ärzte und Studierende den Überblick verlieren und für sich nicht mehr herausfiltern können, was guten Gewissens genutzt werden kann und was nicht. Einige Ärztinnen und Ärzte würden deswegen Apps in diesem Bereich gar nicht mehr downloaden [37].

Des Weiteren stellen Smartphones im Alltag auf der Klinik eine mögliche Quelle der Ablenkung dar und sie werden oft genutzt, wenn sie eigentlich in der Tasche bleiben sollten. Die Nutzung während Visiten, unabhängig davon ob man es aus medizinischen oder privaten Zwecken gerade aus der Tasche holt, führt zu Ablenkung und dazu, dass bestimmte Informationen überhört oder nicht wahrgenommen werden. Die adäquate Verwendung oder auch eine Reglementierung sind hier zu überlegen [38].

Viele Apps für Patientinnen und Patienten erfüllen auch einfach nicht ihren Zweck und sind daher unter Umständen gefährlich, wie Anwendungen zur Identifikation von Melanomen mit einer Fehlrate von 30%, unbrauchbare Augenuntersuchungen oder eine Anleitung zur Brustuntersuchung für Brustkrebsvorsorge, die eigentlich nur eine Maßnahme zur Erhöhung der Awareness unter Frauen darstellen soll. Auch sogenannte Gesundheitschecks, die nur eine Werbung für kosmetische Chirurgie darstellen, fallen in diese Kategorie. Für die FDA fällt das nicht in ihren Zuständigkeitsbereich, solange Diagnosen oder Behandlungsmöglichkeiten von den Apps nicht versprochen werden. In Großbritannien müssen bestimmte Apps, die „medical devices“ darstellen, bei der Medicines and Healthcare Products

Regulatory Agency (MHRA) registriert werden und Produkte können von dieser Behörde auch aus dem Verkehr gezogen werden. Welche Apps allerdings darunter fallen, ist eine Grauzone. Es gilt Ähnliches wie für die FDA [39].

So bleibt es eine Herausforderung, die App Stores und angebotenen Anwendungen in einer vernünftigen Art und Weise zu regulieren. Tendenziell kann man sagen, dass kostenpflichtige Apps seriöser sind und auch verlässlicher funktionieren, auch wenn sie nur für einen symbolischen Preis von unter einem Dollar/Euro zu haben sind [40]. Die Informationen von anderen Nutzern auf Websites wie www.iMedicalApps.com oder MedicalAppJournal.com können auch dabei helfen Apps zu überprüfen, diese werden hier durch Peer Review beurteilt und evaluiert. In der Zukunft wird man aber Mittel und Wege finden müssen, wie man der Problematik habhaft werden kann, ohne dass Schaden angerichtet wird. Solange sollten vor allem Ärztinnen, Ärzte und Studierende vorsichtig sein, auf welche Apps sie sich verlassen, welche sie selbst verwenden und vor allem welche sie den Patientinnen und Patienten empfehlen.

1.3.2 Smartphones und Apps in der Chirurgie

1.3.2.1 Chirurgie allgemein

Die Chirurgie ist heute ein sehr modernes und innovatives Fach, in das in den letzten Jahrzehnten laufend technische Neuerungen integriert wurden. Man denke hier an mikroskopische Operationsmethoden, moderne Prothetik in der Orthopädie, endoskopische Eingriffe aller Art oder auch die Roboter-assistierten Operationen. So liegt es auf der Hand, dass auch hier Smartphones und verschiedenste Apps Einzug halten und Verwendung finden.

Eine Studie von *Kulendran et al.* aus dem Jahr 2014 hat sich mit diesem Thema beschäftigt und Apples App Store und Googles Play Store nach Apps aus den verschiedensten Disziplinen der Chirurgie durchsucht, um eine Übersicht über die Verfügbarkeit geben zu können. Demnach gab es 621 Apps für Apples iOS und 97 für Googles Android aus den Disziplinen Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie, Orthopädische Chirurgie, Neurochirurgie, Allgemeinchirurgie, Herzchirurgie und den perioperativen Fächern Hals-, Nasen-

und Ohrenheilkunde und Urologie. Laut der Studie soll sich die Zahl an verfügbaren Apps für Chirurgie von 2009 auf 2012 verneunfacht haben. Die Komplexität der Anwendungsmöglichkeit reichte von einfachen Lernkarten bis hin zu speziellen operativen Prozeduren, doch trotz der breit angesiedelten Funktionsweise gab es keine einheitliche Klassifizierung. Des Weiteren waren nur 12% aller Apps mit einer akademischen Institution oder Vereinigung in Verbindung zu bringen [41].

Nach *Dala-Ali, Lloyd und Al-Abed (2011)* liegt die große Nützlichkeit von Smartphones und Apps immer noch darin, wofür mobile Telefone ursprünglich konzipiert worden sind: Kommunikation. Chirurginnen und Chirurgen sind stark beschäftigte Leute und laufen zwischen Kliniken, Stationen und OPs hin und her, so sind sie am einfachsten durch Smartphones zu kontaktieren, da mittlerweile fast jeder eines bei sich führt. Plattformen wie „Voalte“ können Smartphones verknüpfen und Anrufe, Nachrichten und das Auslösen von Alarmen in einer All-in-One Funktion zur Verfügung stellen [42]. Ferner bieten die hochauflösenden Kameras der Smartphones die Möglichkeit, Verletzungen oder Läsionen auf die Schnelle zu fotografieren und dokumentieren.

Die schon in 1.3.1.1. erwähnten allgemeinen medizinischen Möglichkeiten der Anwendung der Smartphones kommen natürlich auch in der Chirurgie zur Geltung. So sind z.B. klinische Entscheidungshilfen, Pharmakologie-Apps und medizinische Rechner auch hier eine Hilfe. Dennoch ist der Alltag in der Chirurgie ein anderer und daher stehen hierfür auch wiederum Apps zur Verfügung, die einem anderen Anforderungsprofil gerecht werden. Im präoperativen Bereich gibt es Apps, die der Aufklärung von Patientinnen und Patienten und der informierten Einwilligung zu einem Eingriff dienen, weiters gibt es eine Reihe von Applikationen, die sich speziell mit der Anatomie befassen und beim Erklären von Operationen genutzt werden können. Es besteht die Möglichkeit, vereinfachte anatomische Verhältnisse darzustellen und die Ansichten der Strukturen zu drehen oder nach Belieben ins Bild hinein- oder herauszuzoomen („Shoulder Decide“ [Abbildung 16], „3D Brain“). Das operative Risiko kann mit Hilfe von Apps wie „PreOpEval“ abgeschätzt werden, wobei diese natürlich nicht die sorgfältige multidisziplinäre Untersuchung ersetzen sollen, vielmehr kann es eine Stütze sein

und als eine Art Screening dienen, das schnell zur Hand ist. Vor allem für Chirurgeninnen und Chirurgen in der Ausbildung sind Anwendungen interessant, mit denen sie ihr Wissen über Eingriffe auffrischen können, die sie selbst vielleicht noch nicht oder schon lange nicht mehr durchgeführt haben („AO Surgery Reference“, „Zollinger“). So sind Protokolle und Abläufe dann am Smartphone gespeichert, auf die schnell zugegriffen werden kann [43].

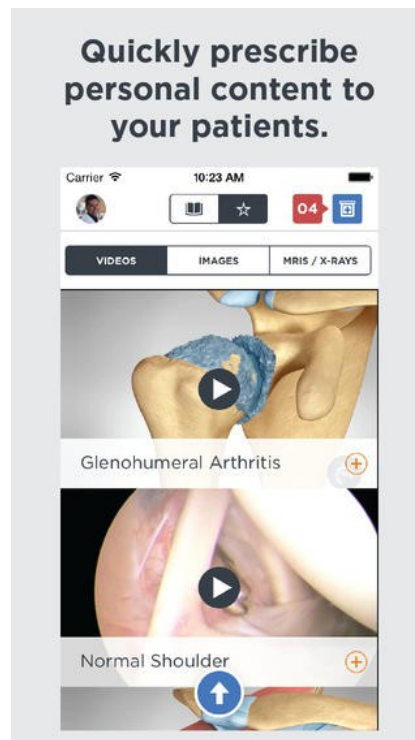


Abbildung 16: Shoulder Decide [28]

Im OP selbst können Apps wie „OsiriX HD“ [Abbildung 17] oder „Mobile MIM“ genutzt werden, die es möglich machen präoperativ angefertigte Bilder auf Tablets oder Smartphones zu laden. So können sich die Operateurin oder der Operateur noch schnell auf die nächste Patientin oder den nächsten Patienten vorbereiten, egal wohin sie gerade unterwegs sind. Es gibt auch eine Reihe von Apps, die sich mit der Sicherheit beschäftigen, die sogenannten Surgery Safety Apps. Auch die WHO Safety Checklist („Safe Surgery“) ist verfügbar [43].

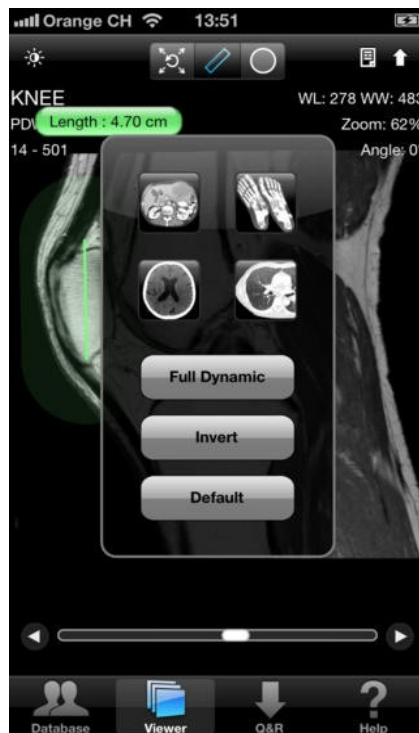


Abbildung 17: OsiriX HD [28]

Für den postoperativen Bereich stehen Logbuch-Apps zur Verfügung, die der Dokumentation dienen („Surgical Logbook“ [Abbildung 18]). Diese sollen vor allem auch für junges ärztliches Personal und Studierende eine Stütze für sich selbst sein, wo sie gerade Gesehenes oder Erlebtes genau festhalten können. Die Eingriffsarten sind größtenteils zum Auswählen vorhanden, es können gegebenenfalls auch selbst noch Bilder hinzugefügt werden [43].



Abbildung 18: Surgical Logbook [28]

Speziell für unerfahrenere Chirurginnen und Chirurgen sind die oben genannten Anwendungen interessant, da sie als Hilfe, Stütze oder Auffrischung der Fähigkeiten dienen. Weiters gibt es Apps, die sich gezielt an diese Zielgruppe wenden wie z.B. „Lifesaver“, wo man spielerisch die Guidelines des UK Resuscitation Councils erlernen kann. Interessant ist auch „Touch Surgery“ [Abbildung 19], das die Möglichkeit bietet, häufige Operationen wie z.B. eine laparoskopische Cholezystektomie am Smartphone oder Tablet durchzugehen [43].

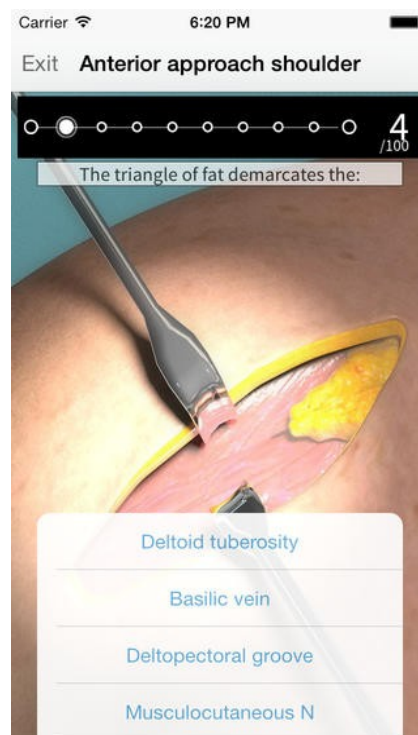


Abbildung 19: Touch Surgery [28]

Ein Ausblick in die Zukunft betrifft die operative Nachsorge im klinischen Setting. Aufgrund der technischen Voraussetzungen wäre es möglich, dass Apps über Bluetooth Informationen vom Monitoring einer Patienten oder eines Patienten erhalten und damit direkt am Smartphone der Chirurgin oder des Chirurgen auftauchen. Selbst im weiteren Verlauf im außerklinischen Bereich könnte das fortgesetzt werden [44]. Inwieweit solche Anwendungen aber praktikabel und durchführbar wären, kann man derzeit noch nicht ausreichend beurteilen.

1.3.2.2 Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie

Alle im vorherigen Kapitel allgemein für die Chirurgie besprochenen Anwendungen finden hier natürlich auch ihre Berechtigung. Sieht man sich dennoch die Apps ganz speziell für diese Disziplin an, fällt sofort ins Auge, dass eine Kategorie besonders dominiert: kosmetische Chirurgie. Allein der Suchbegriff „plastic surgery“ im Apple App Store führt sogleich zu Apps betreffend Nasenkorrekturen [Abbildung 20], Gesichtsoperationen, Fettabsaugung etc. Die meisten dieser Anwendungen funktionieren nach dem Prinzip, dass man ein Foto hochlädt und dieses dann im Sinne einer Photo Booth App ganz nach seinen eigenen Vorstellungen verändern kann und somit ein vorher/nachher Ergebnis erzielt wird. Diese Apps sind weitaus am beliebtesten, sie werden von Usern am häufigsten heruntergeladen und gerated, allein schon der Titel von Apps zeigt sich für die Popularität verantwortlich [45]. Die Zielgruppe dieser Applikationen sind naturgemäß Patientinnen und Patienten, dennoch gibt es auch im kosmetischen Sektor Apps, die für ärztliches Personal gedacht sind. Sie unterstützen bei Konsultationen und helfen bei der Information für Patientinnen und Patienten bei bevorstehenden Eingriffen [46]. Weiters bieten viele Chirurgeninnen und Chirurgen die Möglichkeit, Apps für ihre Privatpraxen bzw. Privatkliniken herunterzuladen, wo man Informationen über die Klinik und das Spektrum an Angeboten erhält.



Abbildung 20: Plastic Surgery Simulator [28]

Auch auf dem Gebiet der Verbrennungschirurgie finden Smartphones Verwendung. Beispielsweise bieten Apps die Möglichkeit das Ausmaß einer Verbrennung festzustellen und den Flüssigkeitsbedarf von Patientinnen und Patienten zu berechnen. Ein Beispiel dafür ist die professionelle „BurnCase 3D“ Software, die in Österreich entwickelt wurde und in Verbrennungszentren weltweit eingesetzt wird. Es stehen sowohl Desktop-basierte Versionen als auch eine App [Abbildung 21] zur Verfügung. Die App erlaubt es anhand eines virtuellen Avatars Verbrennungsareale einzuzeichnen, denen auch die verschiedenen Verbrennungsgrade zugeordnet werden können. Der Avatar wird automatisch an die Größe, das Gewicht und das Alter der Patientin oder des Patienten angepasst, damit der unterschiedlichen Körperkonfiguration Rechnung getragen werden kann. Anschließend wird auf Quadratzentimeter genau die Fläche berechnet und zusätzlich noch andere Faktoren wie z.B. der Flüssigkeitsbedarf anhand der Parkland Formel angegeben. Es ist auch möglich Fotos zu erstellen und diese dann an Körperstellen anzupinnen, um zusätzlich auch genaueste reale Darstellungen dokumentieren zu können [47].

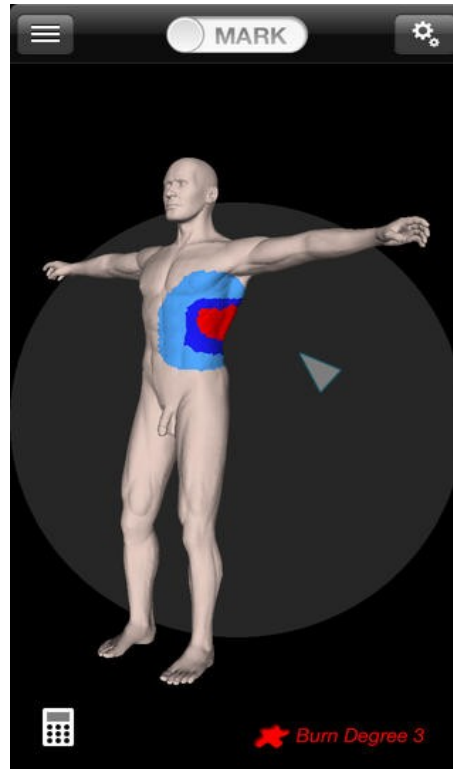


Abbildung 21: BurnCase 3D [28]

Eine weitere Anwendung ist die „BurnMed“ App. Sie ist aber im Gegensatz zu BurnCase 3D weitaus weniger professionell und genau. Sie eignet sich besser zu Ausbildungszwecken von Studierenden und weniger erfahrenen Ärztinnen und Ärzten, die hier das Abschätzen und Behandeln von Verbrennungsverletzungen durchgehen können. Hier kann man auch anhand eines 3D Modells in der App das Verbrennungsgebiet einzeichnen, woraufhin das Verbrennungsausmaß in Prozent der Körperoberfläche ausgerechnet wird. Anpassungen nach Geschlecht oder für Kinder können vorgenommen werden und in weiterer Folge wird dann nach Angabe weiterer Faktoren wie Gewicht und Zeit seit dem Ereignis der Flüssigkeitsbedarf ausgerechnet. Ferner bietet die App Guidelines zur weiteren Behandlung an, erörtert ob z.B. eine Escharotomie nötig ist oder nicht und stellt auch Tutorial-Videos zur Verfügung [48]. Eine Arbeit von *Morris et al.* untersuchte die Apps „uBurn“ und „Mersey Burns“, mit denen man mit Hilfe der Parkland Formel den Flüssigkeitsbedarf für Patientinnen und Patienten mit Verbrennungen berechnen kann. Laut der Studie traten nicht mehr Fehler auf als bei einem gewöhnlichen Taschenrechner, doch Anwender waren mit den Apps signifikant schneller als mit dem Rechner [49].

Weiters finden sich noch Anwendungen, die helfen können die Symmetrie zu beurteilen. Im Artikel von *Soueid und Khanna (2012)* wird das bei Brustoperationen mit der App „FreeSpirit“ angewendet [Abbildung 22], wobei die Symmetrie einer Seite im Gegensatz zur anderen im Prinzip wie mit einer Wasserwaage untersucht wird [50]. *Mezzana et al. (2011)* haben bei Augenwinkelkorrekturen eine App namens „Video Laser Level“ verwendet, um mit Hilfe der Kamera und virtuell eingeblendeten Linien symmetrisch zu arbeiten [51]. Die Anwendungen stellten sich als gut geeignet heraus.



Abbildung 22: FreeSpirit [50]

Interessante Möglichkeiten bietet auch „Google Glass“ [Abbildung 23]. Das ist eine intelligente Brille mit Kamerafunktion und Internetverbindung, auf der Apps installiert werden können. Diese Technologie könnte gut zur Dokumentation oder auch Live-Übertragung von Operationen eingesetzt werden, was auch interessante Optionen in der Lehre bietet. *Muensterer et al. (2014)* testeten die Brille im klinischen Setting in der Kinderchirurgie und das Feedback der Anwender war überwiegend positiv. Sie wurde verwendet um zu fotografieren oder zu filmen, Internet-Recherche zu betreiben und um zu telefonieren, allesamt freihändig. Probleme ergaben sich noch bei der Akkuleistung, der von Zeit zu Zeit schwachen Internetverbindung, Datenschutzfragen oder Verbindungsverlusten bei Videokonferenzen [52]. Google Glass bietet dennoch eine Option für die Zukunft.

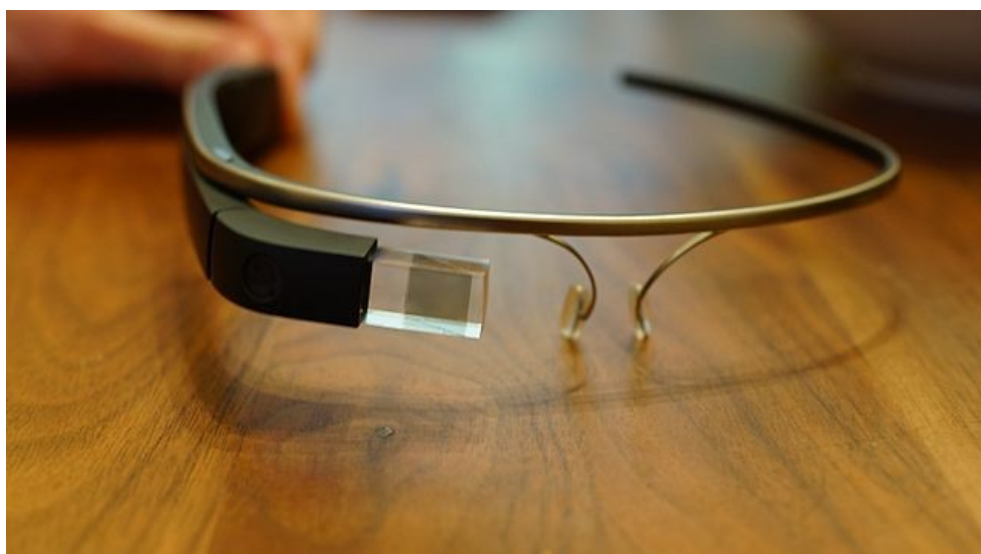


Abbildung 23: Google Glass [53]

1.3.2.3 Handchirurgie

Auch in der Handchirurgie sind die vorher schon diskutierten Apps nützlich. Mit Informationen zu z.B. Medikamenten bei Handinfektionen, der anatomischen Veranschaulich der Hand für Patientinnen und Patienten, Aufklärung vor OPs, Bildgebung oder die Safety Checklist der WHO, um nur einige Beispiele zu nennen.

Smartphones können eingesetzt werden, wenn die Konsultation einer Handchirurgin oder eines Handchirurgen gebraucht wird und diese oder dieser gerade nicht zur Stelle ist. Das kann der Fall sein bei Zuweisungen, Fällen in der Notaufnahme bzw. Ambulanz oder auch als Unterstützung für Kollegen aus anderen Disziplinen. Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Beurteilbarkeit von Smartphone-Kamera Fotos brauchbar ist. Eine weitere untersuchte die Verwendung solcher übermittelter Fotos bei der Evaluation von möglichen Replantationen bei amputierten Fingern, es ergab sich eine Sensitivität von 90% und eine Spezifität von 83% [54].

Eine weitere Studie hat sich mit der Frage beschäftigt, ob man Smartphones in der Handtherapie einsetzen kann. Die Resultate besagen, dass durch spezielle Übungen und Spiele durchaus die Stabilität und der Bewegungsumfang in Gelenken davon profitieren kann [55].

„Dr Hand“ [Abbildung 24] ist eine App adressiert vor allem an Studierende und Patientinnen und Patienten, die Informationen zu Strukturen und Anatomie der Hand liefert und die gängigsten Krankheiten, Dislokationen und Infektionen enthält. Des Weiteren enthält sie Videos über Prozeduren wie z.B. Karpaltunnelrelease und Anleitungen zu Übungen für die Hand, die von Patientinnen und Patienten ausgeführt werden können. Ähnliche Funktionen und Informationen bietet „Hand MD“.



Abbildung 24: Dr Hand [28]

„Hand Decide“ [Abbildung 25] bietet animierte 3D-Bilder und Videos rund um die Hand, womit den Patientinnen und Patienten die anatomischen Verhältnisse veranschaulicht werden und so in der Aufklärung behilflich sein können. Es können digitale Handouts erstellt werden, an die eigene Bilder von beispielsweise MR-Aufnahmen angehängt und bearbeitet werden können. Das erlaubt individualisierte Möglichkeiten, jeder Patientin und jedem Patienten eigens zugeschnittene Informationen zur Verfügung zu stellen.

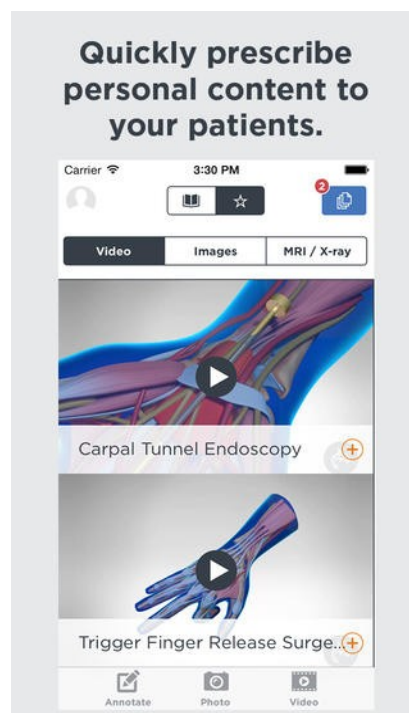


Abbildung 25: Hand Decide [28]

Mit „Hand and Wrist Pro III“ kann sich der Anwender genau mit den anatomischen Strukturen der Hand beschäftigen um diese zu erlernen. Um virtuell die einzelnen Schritte eines Karpaltunnelrelease durchzugehen gibt es die Anwendung „Virtual Carpal Tunnel Surgery“ [Abbildung 26]. Angefangen von der Anästhesie bis hin zur Hautnaht kann man alles machen, allerdings hat die App einen eher spielerischen Charakter, wie man sich vorstellen kann.

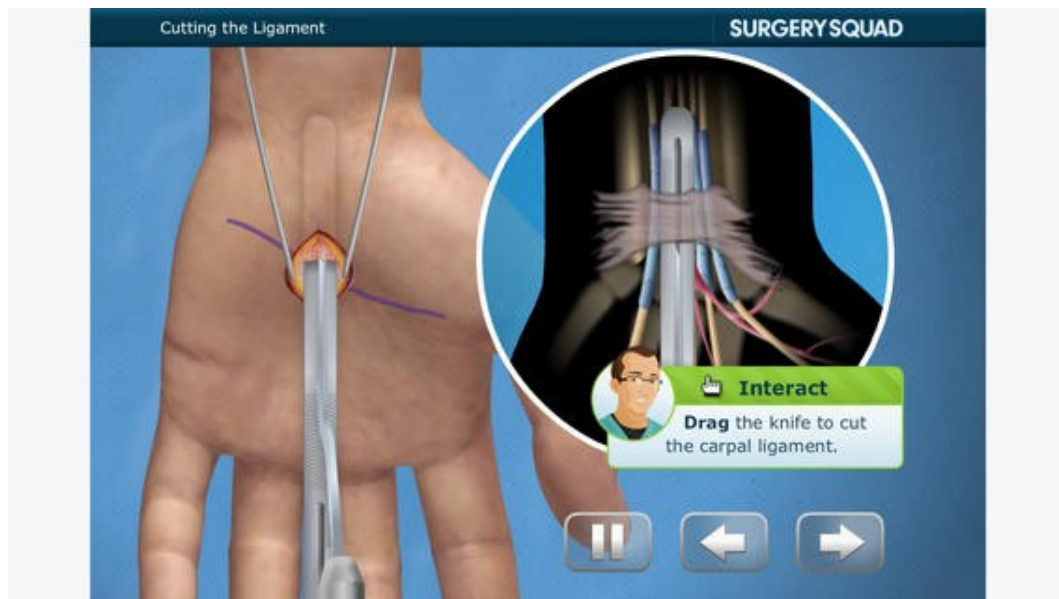


Abbildung 26: Virtual Carpal Tunnel Surgery [28]

„AO Surgery Reference“ [Abbildung 27] ist eine App von der AO Foundation, die sich mit der Behandlung von Knochenfrakturen beschäftigt. Die App bietet ein eigenes Kapitel zur Hand mit Auflistung von allen Frakturen und Anleitungen zu deren Management von der Diagnose bis hin zur Nachbehandlung. Die Informationen basieren auf dem neuesten Stand des Wissens und es kann passende Literatur dazu abgerufen werden.

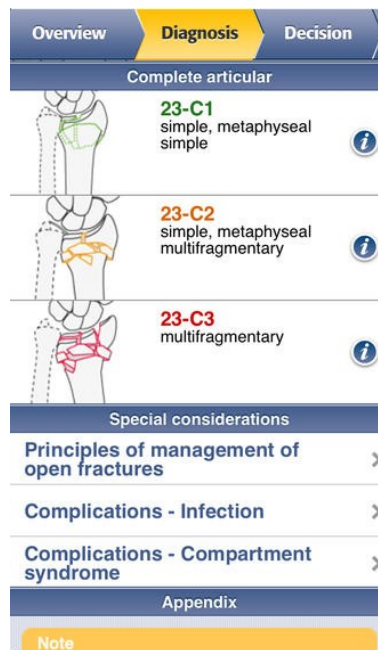


Abbildung 27: AO Surgery Reference [28]

Darüber hinaus gibt es zur neuesten Literatur neben den Apps zu allen gängigen medizinischen Journalen auch Apps der „American Association for the Hand Surgery“ und des „Journal of Hand Surgery“.

Mit den in Kapitel 1.2 erwähnten Goniometer-Apps für Smartphones kann man den Bewegungsumfang in den zahlreichen Gelenken der Hand messen. Nach Operationen an der Hand und deren Gelenken (z.b. bei Dupuytren'scher Kontraktur oder Frakturen) ist es wichtig, dass die Beweglichkeit und damit Funktionalität so gut wie möglich erhalten bleibt. Das kann mit diesen Apps festgestellt und dokumentiert werden. In den App Stores von Apple und Google sind einige verfügbar, die entweder gratis oder kostenpflichtig zum Download angeboten werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz von Apps in der Chirurgie, speziell in der Handchirurgie, wobei hierbei gezielt auf Applikationen mit der Funktion eines Goniometers eingegangen und ein Vergleich mit dem universellen mechanischen Goniometer angestellt werden soll. Die Apps sollen hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit, Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse untersucht werden. Es soll geklärt werden, ob man diese verantwortungsvoll im medizinischen Alltag der Handchirurgie verwenden könnte.

2 Material und Methoden

Zum Messen wurden Goniometer-Apps verwendet, die aus dem Apple App Store und Google Play Store heruntergeladen wurden. Weiters ist als Vergleich auch ein mechanisches Goniometer von „Prestige Medical“ verwendet worden. Als Messobjekt diente eine unregelmäßige, vierseitige Pyramide, die eigens für den Versuchsaufbau hergestellt wurde. Für die Genauigkeit (validity) wurde der Mittelwert aus 5 Messungen pro Winkel errechnet und für die Wiederholbarkeit (reliability) wurde pro Winkel die Standardabweichung berechnet.

2.1 Die Apps und Hardware

Die Auswahl der Apps erfolgte aus dem Apple App Store und Google Play Store. Mit dem Suchbegriff „Goniometer“ wurde die Auswahl als Erstes eingeschränkt, daraufhin wurden die Ergebnisse genauer betrachtet und es wurde evaluiert, welche Apps sich zum weiteren Messen an der Pyramide eigneten. Die Apps wurden auf einem iPhone 5 mit iOS 7 und einem Samsung Galaxy S2 mit Android 4 installiert.

2.2 Die Pyramide

Für die Messungen wurde mit der Software AutoCAD eine Pyramide konstruiert und mit Hilfe der errechneten Längen und Winkel ist die Pyramide im Maßstab 1:1 errichtet worden [Abbildung 28]. Bei der Erstellung wurde darauf geachtet, dass die Dimensionen im Großen und Ganzen denen einer Hand entsprechen und keine Pyramide mit viel zu langen Seiten entsteht, denn man muss auch das Verhältnis der Größe des Smartphones beim Messen im Hinterkopf behalten. Ein Gefühl für die Größe im Vergleich zur Hand gibt Abbildung 29. Weiters wurde auch darauf geachtet, dass die Winkel, die später gemessen wurden, unterschiedliche Werte aufweisen und sich nicht zu sehr ähneln.

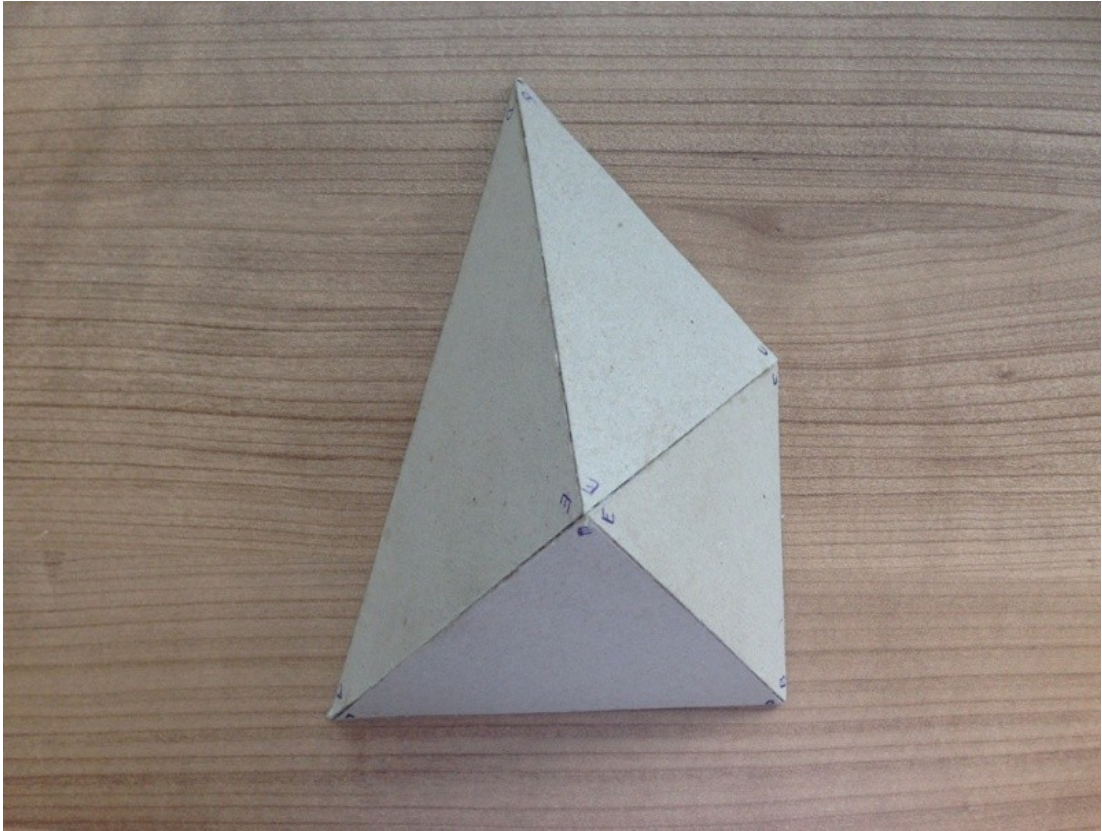


Abbildung 28: Pyramide von oben

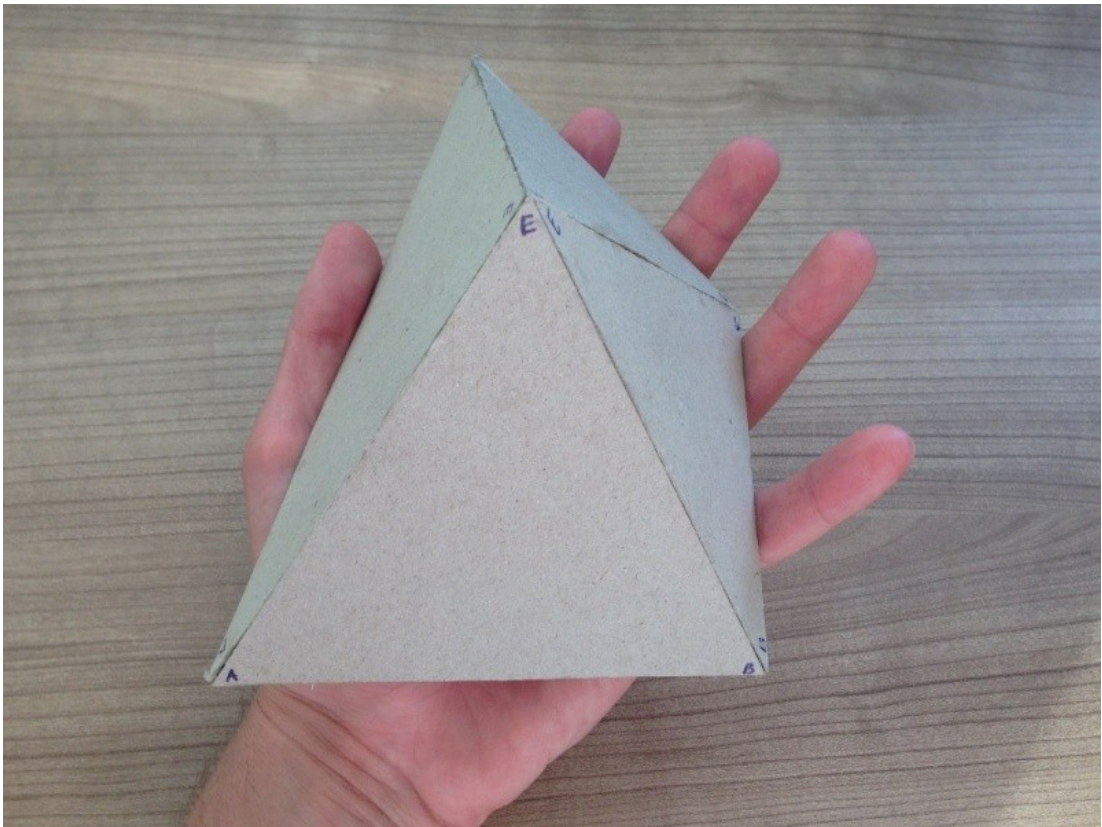


Abbildung 29: Pyramide im Vergleich zur Hand

2.2.1 Seitenlängen

Seite	Länge (in cm)
AB	12,7
BC	9,5
CD	10,8
AD	18,6
AE	14,0
BE	13,2
CE	12,1
DE	15,0
E'E (=Höhe)	10,0

Tabelle 2: Seitenlängen

2.2.2 Winkel

Für die Messung wurden exemplarisch 4 Winkel ausgewählt, die von den Seitenflächen der Pyramide gebildet werden. Die zur Messung verwendeten Winkel sind in Tabelle 3 angegeben. Dabei definiert sich der Winkel über die 2 Seitenflächen von denen er gebildet wird. Eine Seitenfläche selbst wird von 3 Punkten definiert. Zur anschaulicheren Darstellung wurde jeder Kante zwischen 2 Seitenflächen eine Farbe zugeordnet. In Abbildung 30 sind die Kanten auch farblich eingezeichnet. Über diese Kanten wurden in weiterer Folge die Winkel gemessen.

Winkel	Betrag
✂ADE,ABE (Rot)	90,8°
✂BAE,BCE (Blau)	105,2°
✂CBE,CDE (Grün)	145,1°
✂DCE,DAE (Gelb)	79,4°

Tabelle 3: Winkel der Seitenflächen zueinander

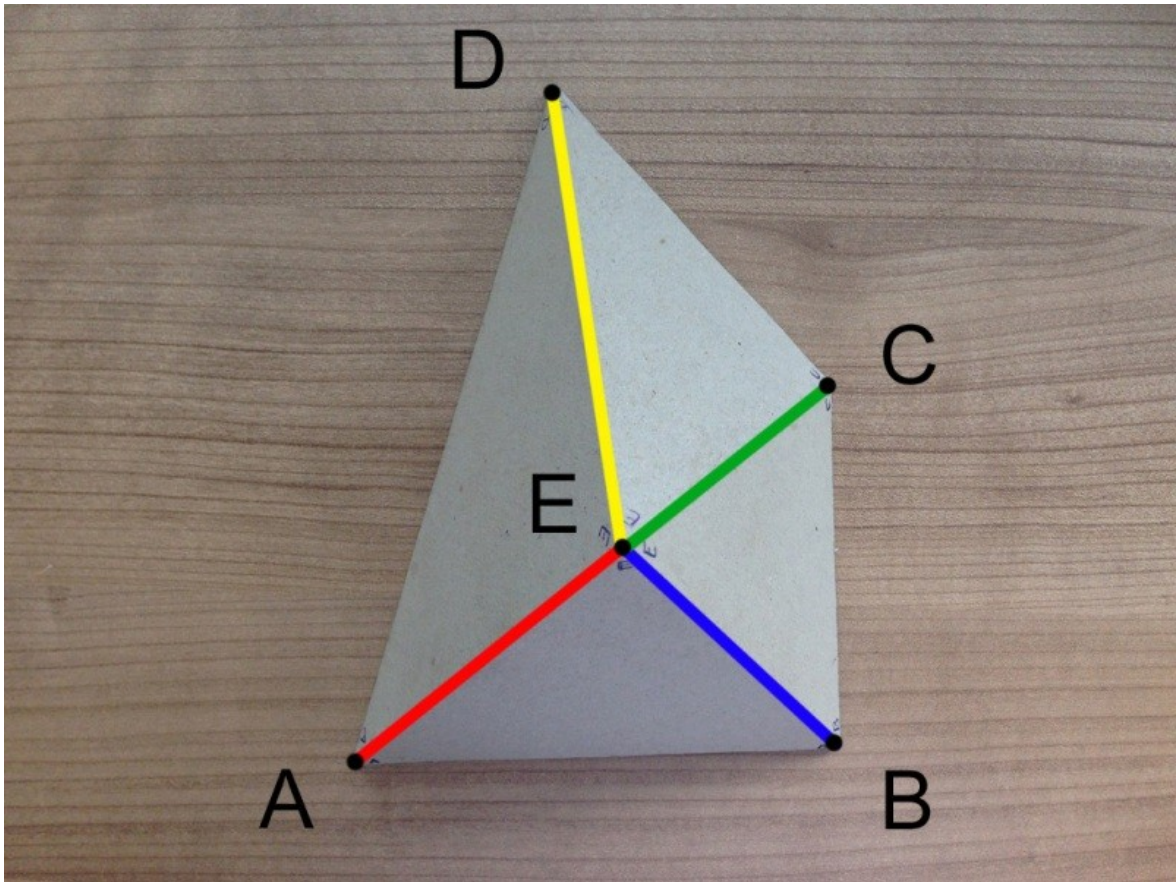


Abbildung 30: Kanten der gemessenen Winkel

Die in Tabelle 3 verwendeten vollständigen Bezeichnungen der Winkel werden im weiteren Verlauf der Arbeit aus Gründen der Anschaulichkeit mit griechischen Buchstaben versehen, um sich auf das Wesentliche konzentrieren zu können und einen besseren Überblick zu behalten. In Tabelle 4 wird dieser Zusammenhang veranschaulicht.

Winkel	Farbe der Kante	Griechischer Buchstabe	Betrag
∠ADE, ABE	Rot	α	90,8°
∠BAE, BCE	Blau	β	105,2°
∠CBE, CDE	Grün	γ	145,1°
∠DCE, DAE	Gelb	δ	79,4°

Tabelle 4: Veranschaulichung der relevanten Winkel

In den folgenden 4 Abbildungen sind nochmals alle gemessenen Winkel eigens mit den jeweiligen dazugehörigen Seitenflächen dargestellt.

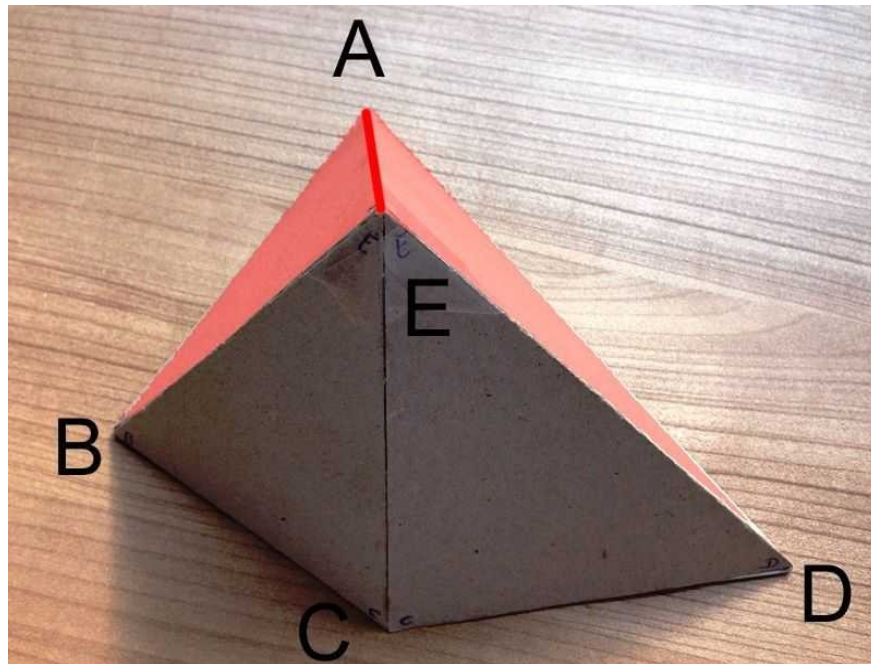


Abbildung 31: Winkel α

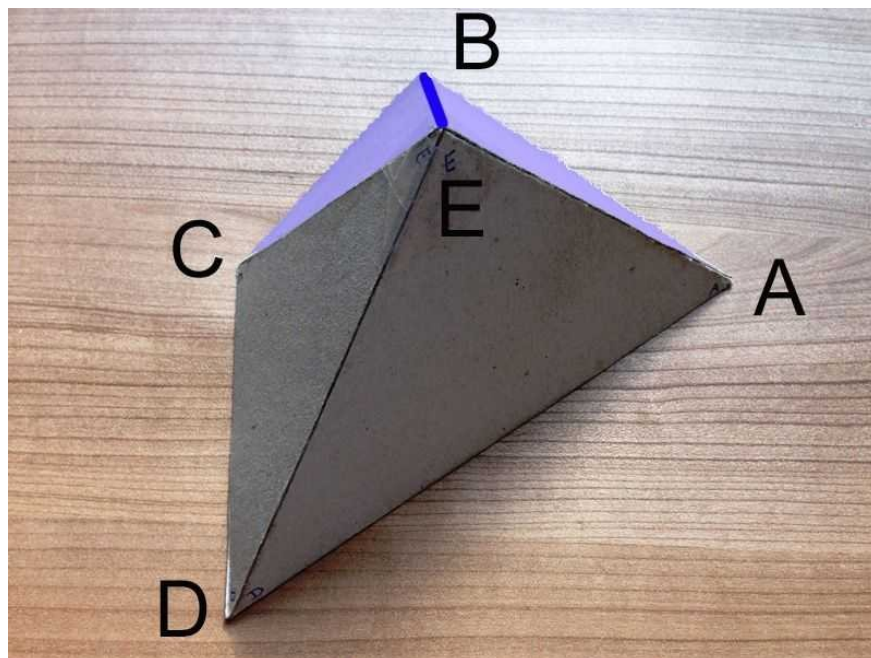


Abbildung 32: Winkel β

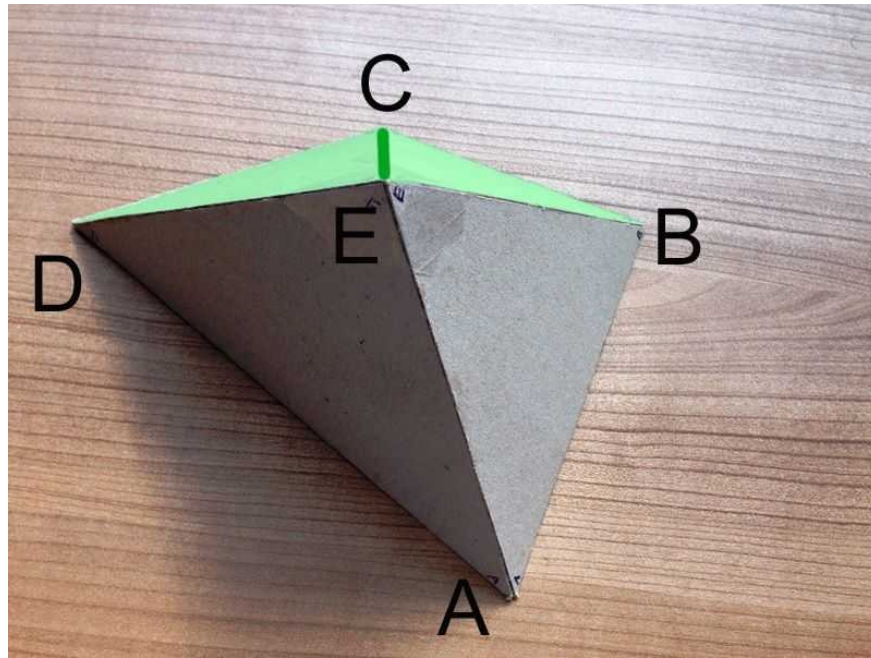


Abbildung 33: Winkel γ

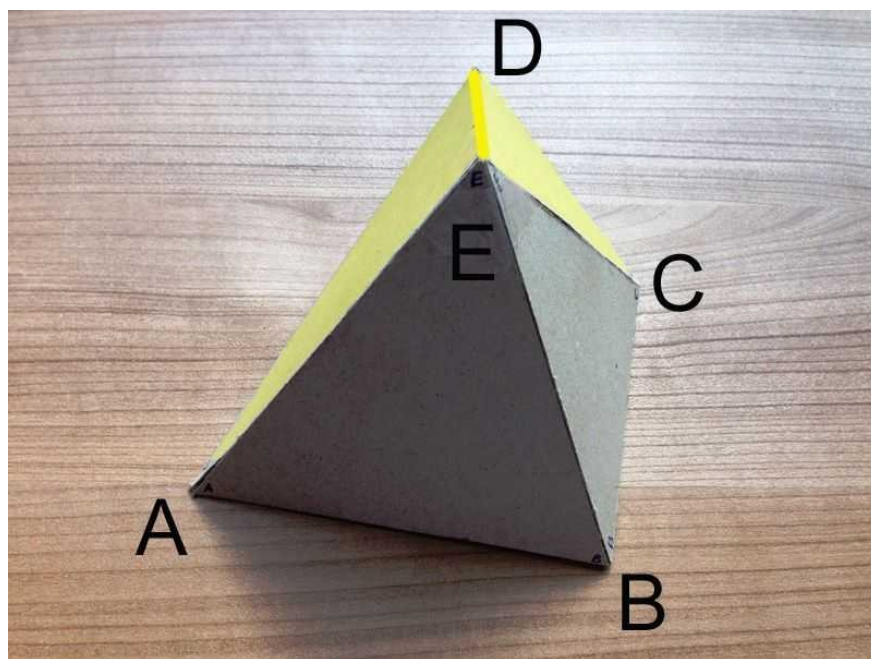


Abbildung 34: Winkel δ

Aus Gründen der Vollständigkeit sind in Tabelle 5 auch die 4 Winkel der Grundfläche angegeben. Die 4 Winkel, die zwischen der Grundfläche und der jeweiligen Seitenfläche gebildet werden, haben alle sehr ähnliche Beträge, eignen sich daher nicht gut zur Messung und werden hier auch nicht weiter angeführt.

Winkel	Betrag
$\sphericalangle$ DAB	72,0°
$\sphericalangle$ ABC	90,0°
$\sphericalangle$ BCD	140,0°
$\sphericalangle$ CDA	68,0°

Tabelle 5: Winkel der Grundfläche

3 Resultate

Zuerst werden alle Messergebnisse für iOS Apps präsentiert, danach jene für die Android Apps. Am Ende des Kapitels sind die gesamten Ergebnisse in Diagrammen zusammengefasst.

3.1 iOS

3.1.1 Auswahl der Apps

Mit dem Suchbegriff „Goniometer“, der im Deutschen wie im Englischen gleich ist, erhielt man im Apple App Store 26 Ergebnisse (Stand Mai 2014). 14 Apps hatten den Begriff Goniometer oder eine abgewandelte Form (Gonio, Goniometro, Goniometry) in der Bezeichnung. Von diesen 14 kam eine App doppelt vor („PhotoGoniometer“ für iPhone und iPad) und eine war ein Goniometer auf dem Gebiet der Stereophonie („MC Goniometer“). Es blieben also 12 Apps, die sich zum Messen von Bewegungswinkeln eigneten, plus 3 Apps die nicht direkt den Namen Goniometer führten, sich aber trotzdem eigneten. Die eine war „PT Tools“, die viele kleine Tools enthält, darunter auch ein Goniometer. Die anderen waren „GetMyROM“ und „Angulus ROM“, wobei ROM für Range of Motion, also Bewegungsumfang, steht. Diese 3 konnten also auch verwendet werden. Die restlichen Apps hatten vielfältige Zwecke, wie z.B. das Messen einer geografischen Fläche mittel GPS Daten, das Berechnen der elektrischen Phasenlage in der Stereophonie oder auch einfache Wasserwaagen-Funktion.

Tabelle 6 enthält eine Liste dieser 15 Apps inklusive Preisangaben. Zum Messen an der Pyramide kamen 12 der 15 in Frage. Die 3 für den Versuch ungeeigneten Apps waren „Forearm Goniometer“, „Frozen Shoulder Goniometer“ und „Knee Goniometer“. Wie deren Namen erahnen lassen, waren sie nur für spezielle Fragestellungen an bestimmten Gelenken geeignet. „Forearm Goniometer“ bestimmt das Bewegungsausmaß von Pronation und Supination im Unterarm, dazu muss das Smartphone in der Hand gehalten und die Bewegung ausgeführt werden. Ähnliches gilt für „Frozen Shoulder Goniometer“, wo das Smartphone in der Hand gehalten wird, daraufhin muss man das Display berühren und den Arm so weit wie möglich heben. „Knee Goniometer“ gibt nicht den gemessenen, sondern einen kniespezifischen, errechneten Winkel an.

Name	Entwickler	Preis	Eignung
Angulus ROM	MergingIT	4,49 €	ja
DrGoniometer	CDM	10,99 €	ja
GetMyROM	Interactive Medical Productions	2,69 €	ja
Goniometer	Jinfra	4,49 €	ja
Goniometer Pro	5uf5	13,99 €	ja
Goniometer Records	Ashok Shyam	gratis	ja
Goniometro	Antinio Costantino	1,79 €	ja
iGonio	Abdel Zemirline	gratis	ja
Joint Goniometry	Diomedes Papas	4,49 €	ja
PhotoGoniometer	Robert Branstrom	gratis	ja
PT Tools	David Raney	3,59 €	ja
Simple Goniometer	Ockendon.net	0,89 €	ja
Forearm Goniometer	Ockendon.net	4,49 €	nein
Frozen Shoulder Goniometer	Shopazim	gratis	nein
Knee Goniometer	Ockendon.net	4,49 €	nein

Tabelle 6: Auswahl der Apps

Für die Messung kamen also 12 Apps in Frage. Diese konnte man noch funktionell in zwei verschiedene Gruppen aufteilen. Die Mehrheit der Apps arbeitet mit dem internen Beschleunigungssensor, der zur Lagebestimmung des Smartphones im Raum verwendet wird. Die App errechnet je nach Position des Devices den Winkel. Die zweite Gruppe arbeitet mit Fotos. Man muss zuerst ein Foto mit der Kamera anfertigen oder ein bestehendes Bild hochladen, woraufhin man dann in der App den gewünschten Winkel einzeichnet und dieser wird dann errechnet. Tabelle 7 enthält die für die Messung verwendeten Apps mit Funktionsweise.

Name	Entwickler	Funktionsweise
Angulus ROM	MergingIT	Beschleunigungssensor
GetMyROM	Interactive Medical Productions	Beschleunigungssensor
Goniometer	Jinfra	Beschleunigungssensor
Goniometer Pro	5uf5	Beschleunigungssensor
Goniometer Records	Ashok Shyam	Beschleunigungssensor
Goniometro	Antinio Costantino	Beschleunigungssensor
Joint Goniometry	Diomedes Papas	Beschleunigungssensor
Simple Goniometer	Ockendon.net	Beschleunigungssensor
DrGoniometer	CDM	Foto
iGonio	Abdel Zemirline	Foto
PhotoGoniometer	Robert Branstrom	Foto
PT Tools	David Raney	Foto

Tabelle 7: Verwendete Apps iOS

3.1.2 Messungen

Alle Zahlen in den Tabellen dieses Kapitels besitzen die Einheit Grad (°).

3.1.2.1 Mechanisches Goniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	91	105	145	80	
Messung 2	90	105	145	80	
Messung 3	91	105	145	79	
Messung 4	91	105	145	80	
Messung 5	91	105	145	80	
Mittelwert	90,8	105	145	79,8	
Standardabweichung	0,4472	0	0	0,4472	0,224
Mittelwert-wahrer Wert	0	-0,2	-0,1	0,4	0,175

Tabelle 8: Messergebnisse mechanisches Goniometer

3.1.2.2 Angulus ROM

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	105	146	80	
Messung 2	89	105	145	80	
Messung 3	90	106	145	81	
Messung 4	91	105	146	81	
Messung 5	91	105	145	80	
Mittelwert	90,2	105,2	145,4	80,4	
Standardabweichung	0,8367	0,4472	0,5477	0,5477	0,595
Mittelwert-wahrer Wert	-0,6	0	0,3	1	0,475

Tabelle 9: Messergebnisse Angulus ROM

3.1.2.3 GetMyROM

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90,8	106,1	146,7	81,2	
Messung 2	90,1	106,6	146,4	81,8	
Messung 3	90,1	106,6	146,4	81,8	
Messung 4	90,3	106,4	146,9	82,1	
Messung 5	90,6	106,8	147,2	81,6	
Mittelwert	90,38	106,5	146,72	81,7	
Standardabweichung	0,3115	0,2646	0,3421	0,3317	0,312
Mittelwert-wahrer Wert	-0,42	1,3	1,62	2,3	1,41

Tabelle 10: Messergebnisse GetMyROM

3.1.2.4 Goniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	107	155	78	
Messung 2	90	108	155	78	
Messung 3	89	107	156	80	
Messung 4	90	108	155	79	
Messung 5	89	107	156	80	
Mittelwert	89,6	107,4	155,4	79	
Standardabweichung	0,5477	0,5477	0,5477	1	0,661
Mittelwert-wahrer Wert	-1,2	2,2	10,3	-0,4	3,525

Tabelle 11: Messergebnisse Goniometer

3.1.2.5 Goniometer Pro

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	106	145	81	
Messung 2	90	106	146	80	
Messung 3	90	107	145	82	
Messung 4	90	107	146	81	
Messung 5	90	106	146	82	
Mittelwert	90	106,4	145,6	81,2	
Standardabweichung	0	0,5477	0,5477	0,83667	0,483
Mittelwert-wahrer Wert	-0,8	1,2	0,5	1,8	1,075

Tabelle 12: Messergebnisse Goniometer Pro

3.1.2.6 Goniometer Records

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	106	146	80	
Messung 2	90	106	147	80	
Messung 3	90	106	146	79	
Messung 4	90	105	146	80	
Messung 5	90	105	147	80	
Mittelwert	90	105,6	146,4	79,8	
Standardabweichung	0	0,5477	0,5477	0,4472	0,386
Mittelwert-wahrer Wert	-0,8	0,4	1,3	0,4	0,725

Tabelle 13: Messergebnisse Goniometer Records

3.1.2.7 Goniometro

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	88,4	107,2	146,3	80,8	
Messung 2	88,8	106,8	145,9	80,4	
Messung 3	88,7	106,5	146,7	80,2	
Messung 4	89,2	106,8	146,9	79,7	
Messung 5	88	106,7	146,3	80,1	
Mittelwert	88,62	106,8	146,42	80,24	
Standardabweichung	0,4494	0,25495	0,3899	0,4037	0,375
Mittelwert-wahrer Wert	-2,18	1,6	1,32	0,84	1,485

Tabelle 14: Messergebnisse Goniometro

3.1.2.8 Joint Goniometry

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90,3	106,6	145,9	81,7	
Messung 2	90,3	106,3	145,5	81,9	
Messung 3	90,1	106,1	145,8	81,4	
Messung 4	90,5	106,4	145,2	81,4	
Messung 5	90,4	105,9	145,5	80,9	
Mittelwert	90,32	106,26	145,58	81,46	
Standardabweichung	0,1483	0,2702	0,2775	0,3782	0,269
Mittelwert-wahrer Wert	-0,48	1,06	0,48	2,06	1,02

Tabelle 15: Messergebnisse Joint Goniometry

3.1.2.9 Simple Goniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	91	105	146	79	
Messung 2	90	105	145	79	
Messung 3	90	106	146	80	
Messung 4	91	106	145	80	
Messung 5	90	105	145	80	
Mittelwert	90,4	105,4	145,4	79,6	
Standardabweichung	0,5477	0,5477	0,5477	0,5477	0,548
Mittelwert-wahrer Wert	-0,4	0,2	0,3	0,2	0,275

Tabelle 16: Messergebnisse Simple Goniometer

3.1.2.10 DrGoniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90,1	103,5	143,3	81,1	
Messung 2	89,1	101,5	144,7	81,7	
Messung 3	89,3	104,3	144,5	80,8	
Messung 4	90,9	103,1	146,6	80,4	
Messung 5	90,4	103,3	144,3	82,3	
Mittelwert	89,96	103,14	144,68	81,26	
Standardabweichung	0,7537	1,0237	1,2008	0,7503	0,932
Mittelwert-wahrer Wert	-0,84	-2,06	-0,42	1,86	1,295

Tabelle 17: Messergebnisse DrGoniometer

3.1.2.11 iGonio

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	86	111	155	75	
Messung 2	89	108	155	74	
Messung 3	87	109	157	73	
Messung 4	91	112	156	75	
Messung 5	89	105	154	77	
Mittelwert	88,4	109	155,4	74,8	
Standardabweichung	1,9494	2,7386	1,1402	1,4832	1,828
Mittelwert-wahrer Wert	-2,4	3,8	10,3	-4,6	5,275

Tabelle 18: Messergebnisse iGonio

3.1.2.12 PhotoGoniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	91	102	143	82	
Messung 2	88	105	143	82	
Messung 3	89	103	144	82	
Messung 4	91	104	144	81	
Messung 5	90	102	142	81	
Mittelwert	89,8	103,2	143,2	81,6	
Standardabweichung	1,30384	1,30384	0,83666	0,54772	0,998
Mittelwert-wahrer Wert	-1	-2	-1,9	2,2	1,775

Tabelle 19: Messergebnisse PhotoGoniometer

3.1.2.13 PT Tools

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	103	146	80	
Messung 2	89	103	145	81	
Messung 3	89	102	145	81	
Messung 4	88	102	146	81	
Messung 5	91	101	145	81	
Mittelwert	89,4	102,2	145,4	80,8	
Standardabweichung	1,1402	0,8367	0,5477	0,4472	0,743
Mittelwert-wahrer Wert	-1,4	-3	0,3	1,4	1,525

Tabelle 20: Messergebnisse PT Tools

3.2 Android

3.2.1 Auswahl der Apps

Mit der Eingabe des Suchbegriffs „Goniometer“ erhielt man im Google Play Store 20 Ergebnisse (Stand Juni 2014). Betrachtete man die Ergebnisse genauer, hatten aber nur 8 Apps den Begriff Goniometer oder eine abgewandelte Form davon (Goniometric) in der Bezeichnung. Von diesen 8 Apps war eine ein goniometrischer Kompass/Winkelmesser („Goniometric Compass“), eine diente nur zum nichtmedizinischen Messen von Winkeln und Distanzen am Bildschirm ohne die Funktion ein Bild einzufügen („Herrscher Goniometer“), die App „Goniometer“ kam doppelt als eine englische und eine chinesische Version vor, „Goniometer Pro“ gab es als Test- und Vollversion und „Free Goniometer“ eignete sich einzig und allein zur Messung der Beweglichkeit des Kopfes in allen Freiheitsgraden. Somit blieben 3 Apps mit der Bezeichnung Goniometer übrig, die man testen konnte, plus eine App, die die Funktion eines Goniometers hatte, lediglich der Name bezog sich wieder auf das englische Range of Motion („ROM Messung“). Tabelle 21 enthält eine Auflistung der für die Messung geeigneten 4 Apps inklusive Preis und Funktionsweise. Alle anderen Apps tauchten zwar auf den Suchbegriff „Goniometer“ auf, waren aber in vielen Fällen rein mathematische Apps für Messungen und der andere Teil hatte mit der Materie Goniometer nichts zu tun.

Name	Entwickler	Preis	Funktionsweise
Goniometer Pro	5uf5	10,92 €	Beschleunigungssensor
Goniometer Records	Indian Orthopaedic Research Group	0,77 €	Beschleunigungssensor
ROM Messung	YMED	gratis	Beschleunigungssensor
Goniometer	T-Software	0,96 €	Foto

Tabelle 21: Verwendete Apps Android

3.2.2 Messungen

3.2.2.1 Goniometer Pro

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	107	143	81	
Messung 2	89	104	142	80	
Messung 3	90	106	142	82	
Messung 4	89	105	143	81	
Messung 5	90	104	144	81	
Mittelwert	89,6	105,2	142,8	81	
Standardabweichung	0,5477	1,3038	0,8367	0,7071	0,849
Mittelwert-wahrer Wert	-1,2	0	-2,3	1,6	1,275

Tabelle 22: Messergebnisse Goniometer Pro

3.2.2.2 Goniometer Records

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	91	106	141	79	
Messung 2	90	105	143	80	
Messung 3	91	105	142	80	
Messung 4	92	104	144	81	
Messung 5	90	106	141	80	
Mittelwert	90,8	105,2	142,2	80	
Standardabweichung	0,8367	0,8367	1,3038	0,7071	0,921
Mittelwert-wahrer Wert	0	0	-2,9	0,6	0,875

Tabelle 23: Messergebnisse Goniometer Records

3.2.2.3 ROM Messung

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	91	106	145	80	
Messung 2	90	105	146	82	
Messung 3	91	105	145	81	
Messung 4	90	105	145	80	
Messung 5	91	107	144	81	
Mittelwert	90,6	105,6	145	80,8	
Standardabweichung	0,5477	0,8944	0,7071	0,8367	0,747
Mittelwert-wahrer Wert	-0,2	0,4	-0,1	1,4	0,525

Tabelle 24: Messergebnisse ROM Messung

3.2.2.4 Goniometer

	$\alpha=90,8$	$\beta=105,2$	$\gamma=145,1$	$\delta=79,4$	Mittelwert
Messung 1	90	105	147	83	
Messung 2	89	105	147	78	
Messung 3	91	103	144	81	
Messung 4	90	104	145	80	
Messung 5	92	105	145	82	
Mittelwert	90,4	104,4	145,6	80,8	
Standardabweichung	1,1402	0,8944	1,3416	1,9235	1,325
Mittelwert-wahrer Wert	-0,4	-0,8	0,5	1,4	0,775

Tabelle 25: Messergebnisse Goniometer

3.3 Zusammenfassung in Diagrammen

Die folgende Farbkennzeichnung gilt für alle Diagramme: das mechanische Goniometer ist grün, die iOS Apps mit Verwendung des Beschleunigungssensors dunkelblau, die iOS Apps mit Fotofunktion hellblau, die Android Apps mit Verwendung des Beschleunigungssensors rot und die Android App mit Fotofunktion orange.

3.3.1 Messergebnisse insgesamt

In Abbildung 35 ist die durchschnittliche Abweichung des Mittelwertes vom wahren Winkel für alle Apps und das mechanische Goniometer angegeben. Je näher der Wert an der x-Achse ist, desto genauer war die jeweilige Methode/App bei den Messungen.

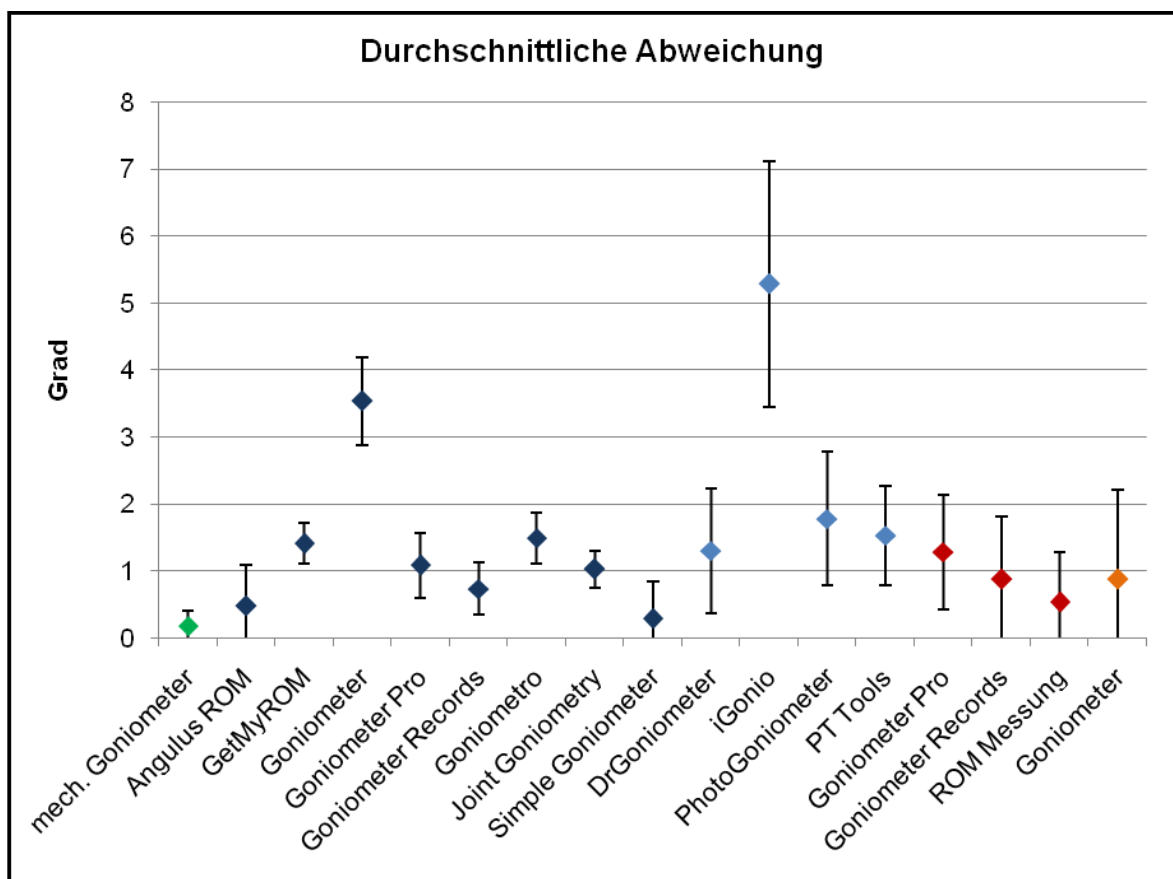


Abbildung 35: Durchschnittliche Abweichung des Mittelwertes

3.3.2 Messergebnisse für α

In Abbildung 36 sind die Mittelwerte für den Winkel α mit Standardabweichung dargestellt. Die horizontale Linie markiert den wahren Wert für den Winkel $\alpha=90,8^\circ$.

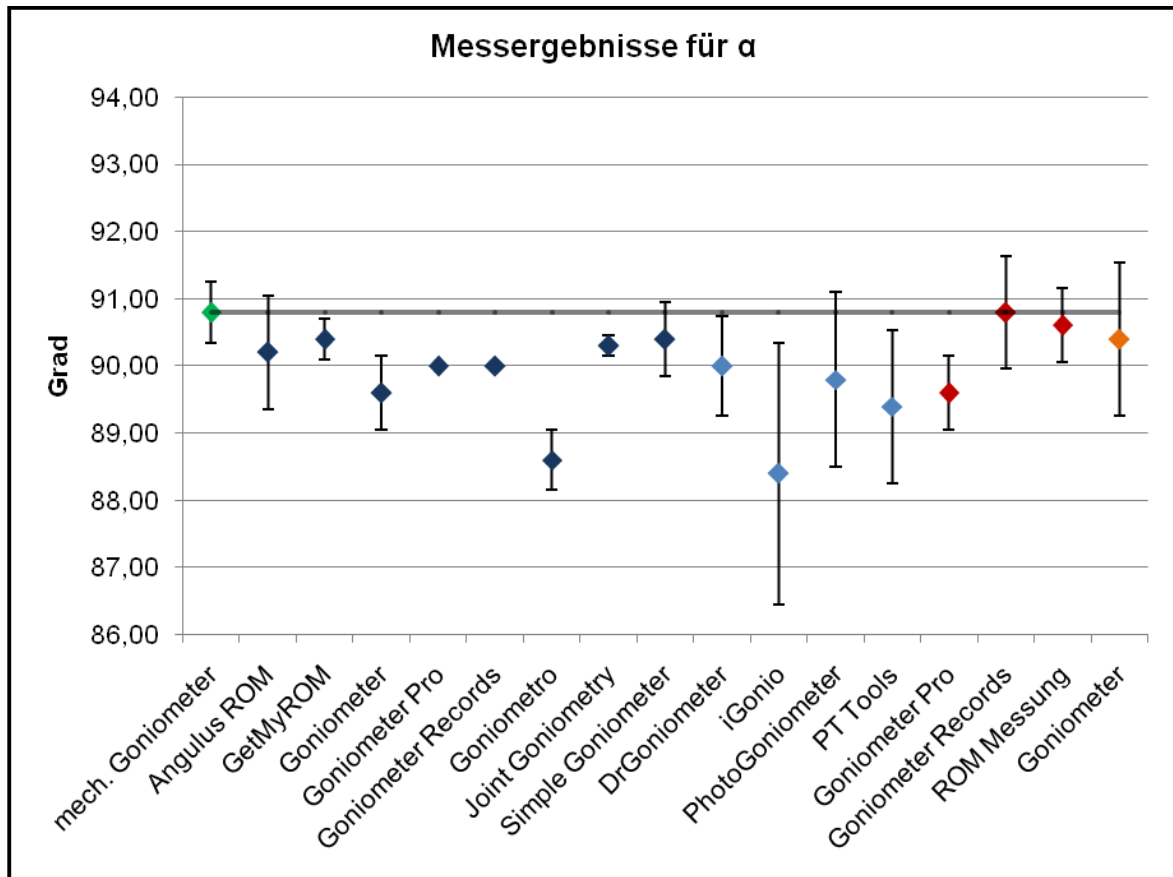


Abbildung 36: Messergebnisse für den Winkel α

3.3.3 Messergebnisse für β

In Abbildung 37 sind die Mittelwerte für den Winkel β mit Standardabweichung dargestellt. Die horizontale Linie markiert den wahren Wert für den Winkel $\beta=105,2^\circ$.

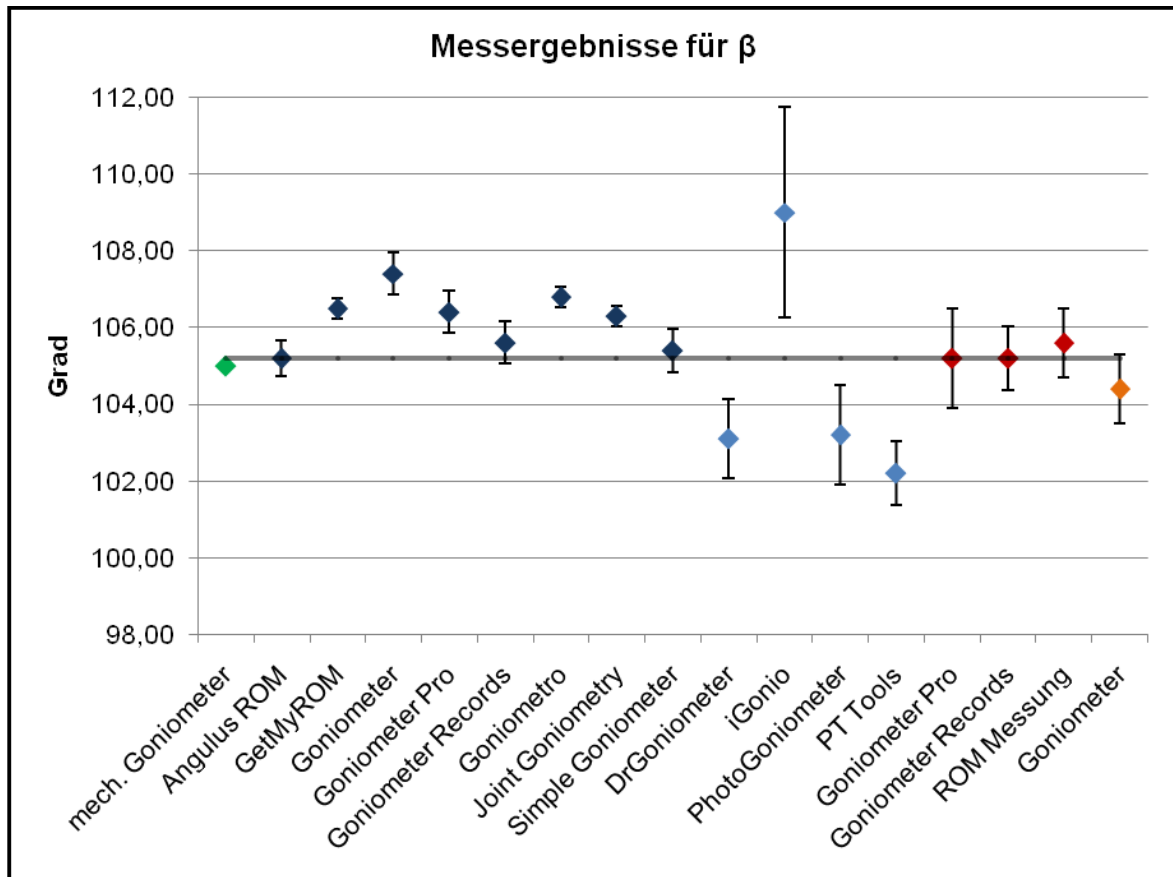


Abbildung 37: Messergebnisse für den Winkel β

3.3.4 Messergebnisse für γ

In Abbildung 38 sind die Mittelwerte für den Winkel γ mit Standardabweichung dargestellt. Die horizontale Linie markiert den wahren Wert für den Winkel $\gamma=145,1^\circ$.

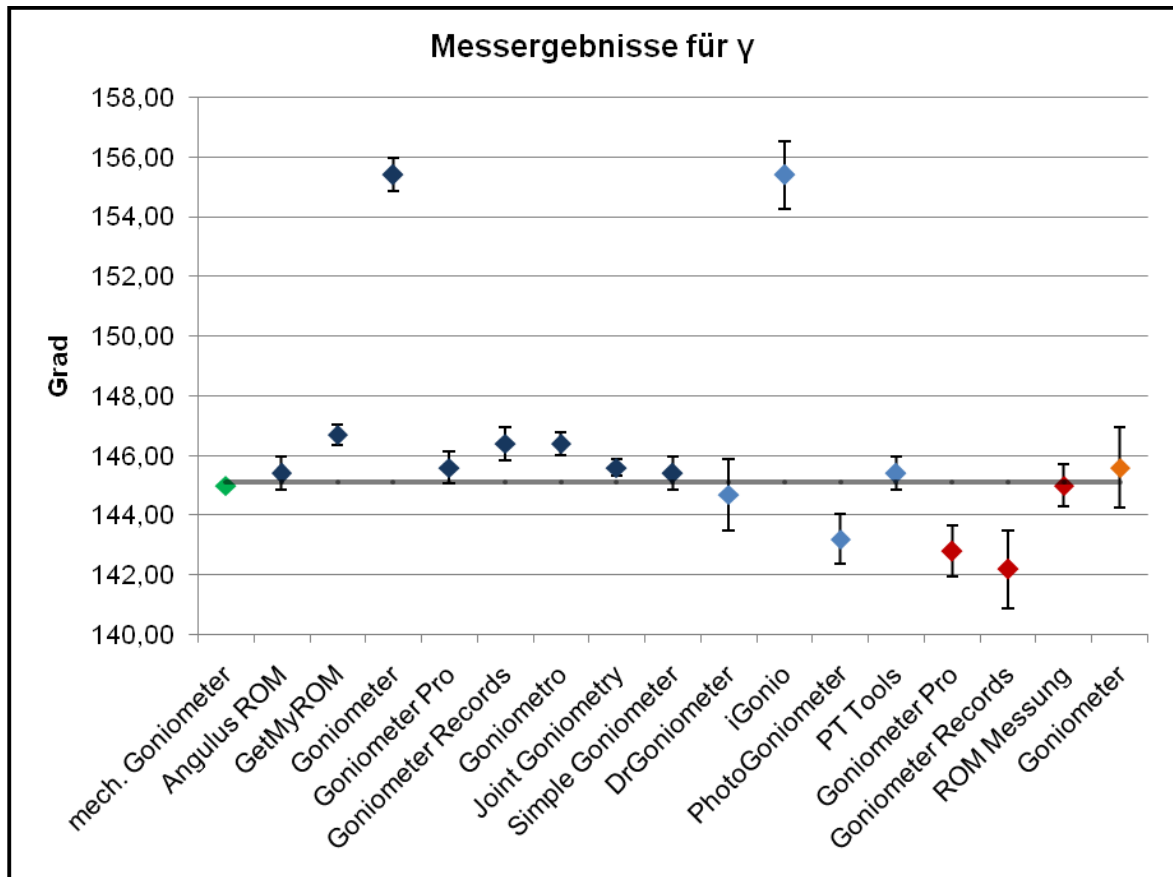


Abbildung 38: Messergebnisse für den Winkel γ

3.3.5 Messergebnisse für δ

In Abbildung 38 sind die Mittelwerte für den Winkel δ mit Standardabweichung dargestellt. Die horizontale Linie markiert den wahren Wert für den Winkel $\delta=79,4^\circ$.

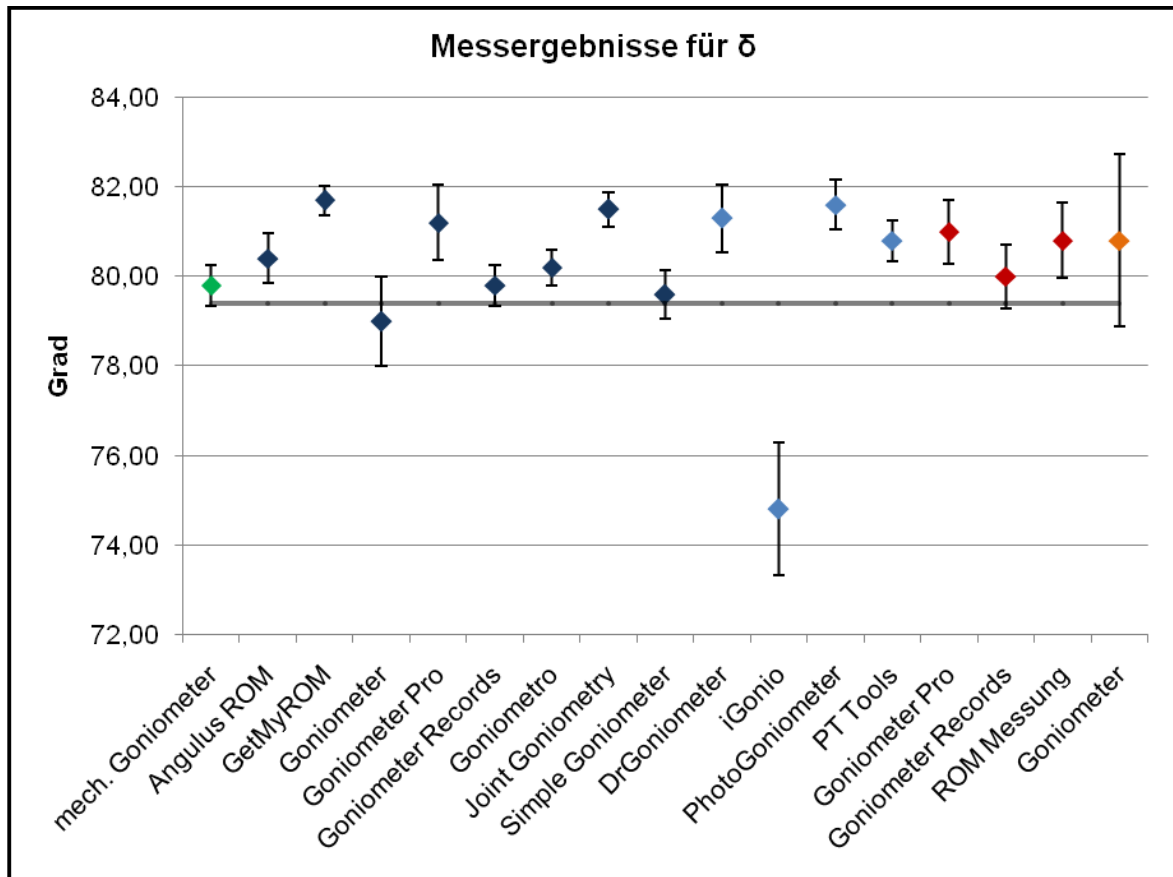


Abbildung 39: Messergebnisse für den Winkel δ

4 Diskussion

Wie man den Ergebnissen entnehmen kann, sind 14 von insgesamt 16 untersuchten Apps genau und verlässlich genug um sie auch im klinischen Alltag einzusetzen. Auszunehmen sind die beiden iOS Apps „Goniometer“ von Jinfra und „iGonio“ von Abdel Zemirline. Diese beiden Ausreißer zeigten in einem bestimmten Winkelbereich einen systematischen Fehler.

Bei den iOS Apps zeigten 10 von 12 Apps eine durchschnittliche Abweichung über alle 4 Winkel, die nicht über $1,8^\circ$ hinaus ging, bei den Android Apps überschritt keine eine durchschnittliche Abweichung von $1,3^\circ$. Sieht man sich die einzelnen Mittelwerte für jeden Winkel separat an, so gibt es bei iOS keine App, die bei einem der Winkel mehr als $2,3^\circ$ daneben lag und bei Android überschritt keine Anwendung die maximale Abweichung vom wahren Wert $2,9^\circ$. Zum einen zeigen diese Werte, dass es bei der Genauigkeit keine substantiellen Unterschiede zwischen den iOS und Android Apps gibt und andererseits erscheinen sie für die klinische Anwendung genau genug.

Lässt man den Ausreißer „iGonio“ außer Acht, überschritten die Standardabweichungen bei iOS Apps im Durchschnitt für eine App den Wert von 1° nicht und bei den Android Apps war $1,3^\circ$ der höchste Wert. Der Spitzenwert für die Standardabweichung für alle Apps und Winkel war bei iOS nirgends mehr als $1,4^\circ$ und bei Android überschritt keine App den Wert von $1,92^\circ$. Somit finden sich auch hier keine entscheidenden Unterschiede zwischen iOS und Android Apps. Weiters schließen diese Werte auf ausreichend verlässliche Wiederholbarkeit der Messergebnisse.

Hier sei nochmals auf die einzigen zwei Ausreißer eingegangen, die bei den Messungen einen systematischen Fehler zeigten, nämlich die beiden iOS Apps „Goniometer“ von Jinfra und „iGonio“ von Abdel Zemirline. Von der Funktionsweise hier sei auch noch erwähnt, dass „Goniometer“ den internen Beschleunigungssensor des iPhones verwendet und „iGonio“ den Winkel anhand von Fotos berechnet.

„Goniometer“ zeigte bei der Genauigkeit durchschnittlich eine relativ hohe Abweichung von $3,53^\circ$, aber bei der Wiederholbarkeit der Messergebnisse eine geringe Standardabweichung von $0,66^\circ$. Betrachtet man die Genauigkeit für die einzelnen Winkel, so zeigte sich bei den Winkeln α , β , und δ , dass diese zufriedenstellend genau und auch verlässlich gemessen wurden und sich die App in diesem Winkelbereich bis zumindest ungefähr 105° nicht von anderen unterscheidet. Beim Winkel $\gamma=145,1^\circ$ betrug die durchschnittliche Abweichung der Messergebnisse vom tatsächlichen Winkel allerdings $10,3^\circ$. Zieht man hinzu, dass die Standardabweichung für diesen Winkel bei $0,55^\circ$ lag, lässt das auf einen systematischen Messfehler dieser App für den Winkel γ schließen. Die Vermutung liegt also nahe, dass „Goniometer“ auch bei anderen Winkeln mit einem höheren Wert Ungenauigkeiten aufweist. Mit 4,49 € gehört „Goniometer“ schon zu den teureren Goniometer-Apps im App Store und in einem großen Wertebereich funktioniert sie auch verlässlich, aber die vorher angesprochene fehlende Genauigkeit in einem bestimmten Winkelbereich macht sie für die klinische Anwendung im Prinzip ungeeignet.

Das gratis Fotogoniometer „iGonio“ wich mit durchschnittlich $5,28^\circ$ über alle Winkel überdurchschnittlich weit vom tatsächlichen Winkel ab. Bei α war die Abweichung $2,4^\circ$, bei β $3,8^\circ$, bei γ $10,3^\circ$ und bei δ $4,6^\circ$. Diese Abweichungen vom jeweiligen tatsächlichen Winkel sind im Vergleich zu anderen Apps um einiges höher. Die durchschnittliche Standardabweichung der Messergebnisse für „iGonio“ lag bei $1,83^\circ$, wobei interessanterweise die Standardabweichung für den Winkel γ mit $1,14^\circ$ die niedrigste innerhalb der App war. Zieht man dazu in Betracht, dass gerade beim Winkel γ die durchschnittliche Abweichung vom wahren Winkel aber $10,3^\circ$ und damit die höchste innerhalb der App war, lassen diese Werte auch hier auf einen systematischen Fehler schließen. Diese App war aber im Allgemeinen nicht besonders genau und verlässlich und daher ist sie für den klinischen Einsatz wohl auch nicht geeignet, vor allem vor dem Hintergrund der Performance anderer Apps.

Im Vergleich zwischen iOS und Android war zweifelsohne schon bei der Auswahl der Apps auffällig, dass es einen beträchtlichen Unterschied zwischen der Anzahl an zur Verfügung stehenden Applikationen gibt. Obwohl zuerst auf Eingabe des

Suchbegriffs „Goniometer“ für iOS 26 und für Android 20 Ergebnisse aufschienen, blieben für iOS 12 und für Android überhaupt nur 4 Apps übrig, die sich eigneten. Das mag wohl auch darauf zurückzuführen sein, dass Apples App Store der ältere und ausgereifere Store ist. Man findet leichter genau das, was man will, ohne dass viele andere Apps auf einen Suchbegriff auftauchen. Im Apple App Store finden sich mehr seriöse Apps mit mehr Bewertungen und Rezensionen und es wird leichter das gefunden, wonach man sucht. Es wurden auch mehr Apps gefunden, die extra für Apples App Store entwickelt wurden. Die Apps „Goniometer Pro“ und „Goniometer Records“ wurden in beiden Stores angeboten und zieht man diese von der Anzahl der Apps ab, so bleiben im Vergleich 10 Anwendungen aus dem Apple App Store, die nur für diesen entwickelt worden sind und 2 Anwendungen aus dem Google Play Store. Die Goniometer-Apps aus dem Apple App Store waren bis auf zwei Apps kostenpflichtig, was im Schnitt für die 12 Apps eingerechnet der zwei gratis Apps einen Preis von 4 € ergibt. Von den 4 Apps aus dem Google Play Store war eine gratis, eine kostete 0,96 €, eine wurde nach 25 Testmessungen mit 0,77 € kostenpflichtig und „Goniometer Pro“ kostete 10,92 € (die gleiche App kostet im Apple Store 13,99 €). Tendenziell kann man hier auch sehen, dass die iOS Apps teurer als ihre Gegenstücke aus dem Play Store sind.

Im Vergleich Android und iOS ist noch auf einige Punkte hinzuweisen, die bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt sind. Die Apps wurden für das jeweilige Betriebssystem auf je einem Smartphone getestet, wobei natürlich mehrere zur Verfügung stehen. Für iOS wäre noch interessant ob ältere iPhone Modelle wie das iPhone 4 bzw. 4S und neuere wie das iPhone 5S bzw. 5C die gleichen Ergebnisse liefern. Der Vorteil bei Apple ist, dass alle Smartphones und das Betriebssystem vom gleichen Hersteller kommen und Apples iOS auch auf jedes der iPhones abgestimmt und in einer für das jeweilige Device zugeschnittenen Version programmiert ist. Anders ist die Situation bei Android, hier liefert Google mit dem Android Betriebssystem eine Basisversion, die verschiedene Hersteller auf ihren allen ihren Geräten laufen lassen. Zusätzlich dazu legen die meisten Hersteller wie Samsung oder HTC noch ihre eigene Nutzeroberfläche über das Grundbetriebssystem drüber. Die verschiedenen Produzenten der Smartphones haben jeweils wieder eine große Produktpalette von kleinen bis großen und

billigeren und teureren Devices. Die Unterschiede liegen vor allem in der verwendeten Hardware wie Kamera, Prozessor, etc. Hier wäre es also interessant, ob die Apps auf Smartphones in allen Größen, Preisklassen und von verschiedenen Herstellern die gleichen Ergebnisse liefern.

Bei den Goniometer-Apps, die mit der borgeigenen Kamera arbeiten und daraus den Winkel errechnen, wäre es interessant ob die verwendete Hardware hier Einfluss nimmt. Zu beachten ist hier vor allem, dass sowohl bei Apple als auch bei den Android verwendenden Herstellern die angebotenen Smartphones über verschiedene Kameraauflösungen verfügen. Des Weiteren sind bei den Modellen auch die Größe und Auflösung der Bildschirme verschieden. Auf jeden Fall sollte beachtet werden, dass die Fotos, die zur Berechnung eines Winkels herangezogen werden, auf dem jeweiligen Smartphone erstellt worden sind. Sollten sie nämlich von einem anderen Device importiert werden, könnte es hier aufgrund der unterschiedlichen Größe und Auflösung der Bildschirme zu Verzerrungen kommen, die sich in weiterer Folge auf die Berechnung des Winkels auswirken.

Bei den Apps, die mit dem eingebauten Beschleunigungssensor den Winkel errechnen, wäre es auch interessant zu sehen, ob die unterschiedlichen Devices die gleichen Ergebnisse liefern. Größe, Form und verbaute Hardware wie z.B. der Prozessor variieren quer durch die Produktpalette.

Zusammenfassend kann aber davon ausgegangen werden, dass die für den Apple App Store und Google Play Store zertifizierten und getesteten Apps wohl für alle Devices gleich verlässlich anwendbar sind, denn dafür haben die Entwickler Sorge zu tragen.

Im Vergleich zwischen Apps mit Fotofunktion und denjenigen mit Verwendung des internen Beschleunigungssensors konnten keine großen Unterschiede festgestellt werden. Diesem Argument vorausgesetzt ist eine richtige Anfertigung der Fotos, die den zu messenden Winkel abbilden. Die Apps, die den Sensor verwenden, scheinen bei der Wiederholpräzision etwas genauer zu sein als die

Fotogoniometer, was aber wohl auch darauf zurückzuführen ist, dass nicht jedes geschossene Foto exakt mit den anderen übereinstimmt.

Hier liegt auch der wichtigste Punkt, der beachtet werden muss, wenn man den Winkel anhand von Fotos feststellen will: die Qualität des Fotos. Ein Foto ist immer nur eine 2D-Aufnahme der 3D-Realität und daher ist es auch entscheidend, aus welchem Winkel das Foto angefertigt wird. Es sollte immer aus einer Achse fotografiert werden, die den zu bestimmenden Winkel auf dem Foto bestmöglich darstellt, der dann auf dem Bild gemessen werden soll. Im Falle der Messungen mit den Fotogoniometern wurde die Pyramide auf die jeweilige Kante gelegt, die von den zwei Flächen gebildet wird, deren Winkel gemessen werden sollte. Daraufhin konnte von der Seite ein Foto angefertigt werden, das den Winkel nicht verzerrt. Nur so können gute Messergebnisse mit den Fotogoniometern erzielt werden. Deshalb muss man in der Praxis ganz genau wissen, welchen Winkel man an der Hand messen will und aus welcher Perspektive dann das Foto geschossen wird, damit der Winkel valide bestimmt werden kann. Weiters ist es auch entscheidend, wie die Punkte auf dem Bild einzustellen sind. Die App „iGonio“ zum Beispiel bietet nur drei winzige Punkte, die verschoben werden müssen um den jeweiligen Winkel einzustellen. Unter dem großen eigenen Finger am Bildschirm verschwindet dieser Punkt, so dass man nur schwer den richtigen Winkel einstellen kann. Das ist auch ein Grund für die schlechten Messergebnisse im Vergleich zu anderen Apps. Andere iOS Apps wie „DrGoniometer“, „Photogoniometer“ und „PT Tools“ oder die Android App „Goniometer“ bieten größere Punkte mit einem Kreuz oder andere präzise Einstellmöglichkeiten, mit denen der gewünschte Winkel exakt eingezeichnet werden kann. Ein Vorteil dieser Fotogoniometer ist die Möglichkeit, dass die erstellten Fotos gespeichert und wenn man will ausgedruckt werden können. So kann jeder Patientenakte bei Bedarf aus Gründen der Dokumentation ein Foto beigelegt werden, auf dem der Bewegungsumfang in einem Gelenk dargestellt wird. So kann beispielsweise auch vergleichend vor oder nach Operationen ein Bild angefertigt werden.

Die Apps, die mit internen Sensoren arbeiten, haben den Vorteil, dass sie leicht und einfach anzuwenden sind, nach Möglichkeit sogar von Patientinnen und Patienten selbst. Sie sind schneller anzuwenden als die Fotogoniometer und

liefern genaue und verlässliche Ergebnisse. Wesentlich zu beachten ist, wie das Smartphone beim Messen von Winkeln zu halten ist. Die meisten Apps haben in den Informationen kurze Anleitungen zur Verwendung. Nicht jede App misst den Winkel auf gleiche Art und Weise, bei den meisten ist es nötig das Smartphone entlang der langen Kante aufzurichten, bei anderen wiederum legt man es flach mit der Hinterseite auf. Einige bieten auch die Auswahlmöglichkeit entlang welcher Achse man messen möchte und lassen sich dahingehend einstellen. Wichtig ist hier, dass man das Smartphone immer in der richtigen Ebene hält, da sonst kein gültiges Messergebnis zu erwarten ist. Weiters sollte man sich immer bewusst sein, welchen Winkel man genau messen will und wie groß dieser ist, zumindest ob er spitz oder stumpf ist. Bei manchen Applikationen ist es auf den ersten Blick nicht klar ersichtlich, ob der gewünschte Winkel oder der Komplementärwinkel auf 180° gemessen wird. Hier ist natürlich gefragt mitzudenken und nicht einfach Ergebnisse vom Bildschirm abzulesen. Allerdings bieten einige Anwendungen ohnehin eine Option an, wo sich einstellen lässt, ob ein Winkel oder der komplementäre Winkel dazu als Zahl am Bildschirm angegeben wird. Ein weiterer Punkt für die Praxis ist die Tatsache, dass beim Anlegen des Smartphones am Körper, ungleich der Situation an der Pyramide, nicht überall klare, ebene Auflageflächen zu finden sind. Ungerade Weichteile können die Messergebnisse beeinflussen und das sollte im Hinterkopf behalten werden um auch hier etwaigen Fehlern vorzubeugen.

In der Literatur sind nur einige wenige Studien zur Anwendung von Smartphone-Goniometern im klinischen Bereich zu finden. *Ferriero et al.* haben in zwei Studien 2011 und 2013 das iOS Fotogoniometer „DrGoniometer“ untersucht. Die App wurde in einer ersten Studie im Vergleich mit dem universellen mechanischen Goniometer zur Messung der Bewegung im Ellbogengelenk getestet und stellte sich als verlässlich heraus [56]. In einer weiteren Studie haben *Ferriero et al.* wiederum die gleiche App im Vergleich zum universellen Goniometer zur Messung des Winkels im Kniegelenk untersucht und kamen auch hier zum Schluss, dass die App eine verlässliche Methode darstellt [57]. Bei beiden Studien wurden die Messungen von verschiedenen Personen durchgeführt um neben der Intrarater-Korrelation auch die Interrater-Korrelation zu bestimmen.

2014 haben *Mitchell et al.* die beiden iOS Apps „GetMyROM“ und „DrGoniometer“ im Vergleich zum universellen mechanischen Goniometer untersucht. „GetMyROM“ verwendet den internen Beschleunigungssensor und „DrGoniometer“ errechnet den Winkel anhand von Fotos. Gemessen wurde die Außenrotation im Schultergelenk. Auch hier stellten sich im Test durch mehrere Benutzer beide Apps als verlässlich und vergleichbar zum mechanischen Goniometer heraus [58].

Eine weitere Studie untersuchte die iOS App „Simple Goniometer“. *Jones et al.* testeten 2014 diese App, die mit Hilfe des internen Beschleunigungssensors arbeitet. Verglichen wurde sie wiederum mit dem mechanischen Goniometer. Gemessen wurde der Winkel im Knie bei Ausfallschritten und auch hier zeigte sich, dass die App verlässlich funktioniert [59].

Die vier oben genannten Studien im klinischen Setting unterstreichen die Ergebnisse dieser Arbeit zu den iOS Apps „DrGoniometer“, „GetMyROM“ und „Simple Goniometer“, die bei der Messung der Winkel an der Pyramide auch ausreichend genaue und wiederholbare Resultate lieferten. Eine weitere Studie beschreibt die App „Knee Goniometer“ als verlässlich [60], die sich allerdings nur für das Messen am Kniegelenk und nicht an der Pyramide und somit auch nicht an der Hand eignet. Auch in weiteren Artikeln und Reviews werden Smartphone-Goniometer als geeignet erachtet [61-63].

Es fehlen allerdings Studien aus dem Gebiet der Handchirurgie und zu den 13 anderen Apps, die in dieser Arbeit untersucht wurden. Des Weiteren konnten keine klinischen Studien zu Android Apps gefunden werden.

5 Literaturverzeichnis

1. Gartner Inc. Gartner Says Annual Smartphone Sales Surpassed Sales of Feature Phones for the First Time in 2013. 2014; Available at: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2665715>. Accessed April 30, 2014.
2. Jahns R. 500m people will be using healthcare mobile applications in 2015. 2010; Available at: <https://research2guidance.com/500m-people-will-be-using-healthcare-mobile-applications-in-2015/>. Accessed May 1, 2014.
3. Conn J. FDA, FTC most likely to regulate health apps, experts predict. 2014; Available at: <http://www.modernhealthcare.com/article/20140205/BLOG/302059996>. Accessed May 1, 2014.
4. U.S. Food and Drug Administration. Mobile Medical Applications. 2013; Available at: www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/ConnectedHealth/MobileMedicalApplications/default.htm. Accessed May 1, 2014.
5. Wikipedia. Hand. 2014; Available at: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hand>. Accessed May 1, 2014.
6. Nebelsiek K. Präzisionsgriff. 2012; Available at: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pr%C3%A4zisionsgriff_0577.JPG?uselang=de. Accessed May 1, 2014.
7. Nebelsiek K. Kraftgriff. 2012; Available at: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kraftgriff_0578.JPG?uselang=de. Accessed May 1, 2014.
8. Hafferl A, Thiel W. Arm. Membrum superius. Lehrbuch der topographischen Anatomie. 3rd ed. Heidelberg, New York: Springer; 1969. p. 706-813.
9. Prescher A, Schmidt H. Arm, obere Gliedmaße, Membrum superius. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R, editors. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 18th ed. Berlin, New York: De Gruyter; 2009. p. 657-779.
10. Wurzinger L. Unterarm und Hand. In: Aumüller G, Aust G, Doll A, editors. Duale Reihe Anatomie. 2nd ed. Stuttgart: Thieme; 2010. p. 427-462.
11. Platzer W. Obere Extremität: Knochen, Bänder und Gelenke. Taschenatlas Anatomie - Bewegungsapparat. 10th ed. Stuttgart: Thieme; 2009. p. 110-135.
12. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Obere Extremität - Systematik der Muskulatur. Prometheus - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2nd ed. Stuttgart, New York: Thieme; 2007. p. 290-323.

13. Langer M, Gohritz A, Haferkamp H. Geschichte der Handchirurgie. In: Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R, editors. Handchirurgie. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer; 2011. p. 4-10.
14. Bräutigam K. Kurze Geschichte der Handchirurgie. 2013; Available at: <http://www.praxisklinik-plastischechirurgie.de/index.php?n=3&m=11>. Accessed May 2, 2014.
15. Keele KD, Roberts J. Leonardo Da Vinci: Anatomical Drawings from the Royal Library, Windsor Castle. 1st ed. New York: Metropolitan Museum of Art; 1983.
16. Wikipedia. Sterling Bunnel. 2014; Available at: http://de.wikipedia.org/wiki/Sterling_Bunnel. Accessed May 2, 2014.
17. Radomski M, Latham C. Occupational Therapy for Physical Dysfunction. 6th ed. Baltimore, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
18. Voxymoron. einfacher medizinischer Goniometer (Winkelmesser). 2009; Available at: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medizinischer_Goniometer.jpg?uselang=de. Accessed May 3, 2014.
19. Palmer M, Epler M. Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1998.
20. Chao EYS. Justification of triaxial goniometer for the measurement of joint rotation J Biomech 1980;13(12):989-1006.
21. Hüter-Becker A. Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1st ed. Stuttgart: Thieme; 2005.
22. Jonsson P, Johnson PW. Comparison of measurement accuracy between two types of wrist goniometer systems. Appl Ergon 2001;32(6):599-607.
23. Tognetti A, Lorussi F, Mura GD, Carbonaro N, Pacelli M, Paradiso R, et al. New generation of wearable goniometers for motion capture systems J Neuroeng Rehabil 2014 Apr 11;11(1):56.
24. Rome K, Cowieson F. A Reliability Study of the Universal Goniometer, Fluid Goniometer, and Electrogoniometer for the Measurement of Ankle Dorsiflexion Foot Ankle Int 1996;17(1):28-32.
25. Wikipedia. App Store (iOS). 2014; Available at: [http://en.wikipedia.org/wiki/App_Store_\(iOS\)](http://en.wikipedia.org/wiki/App_Store_(iOS)). Accessed May 4, 2014.
26. Wikipedia. Google Play. 2014; Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_play. Accessed May 4, 2014.

27. Mosa AS, Yoo I, Sheets L. A systematic review of healthcare applications for smartphones BMC Med Inform Decis Mak 2012 Jul 10;12:67.
28. Apple. App Store. 2014; Available at: www.Apple.com/iTunes. Accessed May 6, 2014.
29. Gupta G. Are Medical Apps the future of medicine? Med J Armed Forces India 2013 Apr;69(2):105-106.
30. Hilgefort JP, Fitzpatrick S, Lycans D, Wilson-Byrne T, Fisher C, Shuler FD. Smartphone medical applications useful for the rural practitioner W V Med J 2014 Jan-Feb;110(1):40-44.
31. Sifferlin A. The doctor will Skype you now. Telemedicine apps aim to replace nonemergency visits Time 2014 Jan 13;183(1):12.
32. Lee YG, Jeong WS, Yoon G. Smartphone-based mobile health monitoring Telemed J E Health 2012 Oct;18(8):585-590.
33. Rahme RJ, Fishman AJ, Hunt Batjer H, Bendok BR. The future is now: smartphones to join scalpels and stethoscopes? Neurosurgery 2012 Apr;70(4):19-20.
34. Prgomet M, Georgiou A, Westbrook JI. The impact of mobile handheld technology on hospital physicians' work practices and patient care: a systematic review J Am Med Inform Assoc 2009 Nov-Dec;16(6):792-801.
35. Payne KB, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey BMC Med Inform Decis Mak 2012 Oct 30;12:121.
36. Boruff JT, Storie D. Mobile devices in medicine: a survey of how medical students, residents, and faculty use smartphones and other mobile devices to find information J Med Libr Assoc 2014 Jan;102(1):22-30.
37. van Velsen L, Beaujean DJ, van Gemert-Pijnen JE. Why mobile health app overload drives us crazy, and how to restore the sanity BMC Med Inform Decis Mak 2013 Feb 11;13:23.
38. Katz-Sidlow RJ, Ludwig A, Miller S, Sidlow R. Smartphone use during inpatient attending rounds: Prevalence, patterns and potential for distraction J Hosp Med 2012;7(8):595-599.
39. McCartney M. How do we know whether medical apps work? BMJ 2013 Mar 20;346:f1811.

40. West JH, Hall PC, Hanson CL, Barnes MD, Giraud-Carrier C, Barrett J. There's an app for that: content analysis of paid health and fitness apps J Med Internet Res 2012 May 14;14(3):e72.
41. Kulendran M, Lim M, Laws G, Chow A, Nehme J, Darzi A, et al. Surgical Smartphone Applications Across Different Platforms: Their Evolution, Uses, and Users Surg Innov 2014 Apr 7.
42. Dala-Ali BM, Lloyd MA, Al-Abed Y. The uses of the iPhone for surgeons Surgeon 2011 Feb;9(1):44-48.
43. Warnock GL. The use of apps in surgery Can J Surg 2012 Apr;55(2):77-78.
44. Lewis TL, Vohra RS. Smartphones make smarter surgeons Br J Surg 2013;101(4):296-297.
45. Workman AD, Gupta SC. A plastic surgeon's guide to applying smartphone technology in patient care Aesthet Surg J 2013 Feb;33(2):275-280.
46. Amin K. Smartphone applications for the plastic surgery trainee J Plast Reconstr Aesthet Surg 2011 Sep;64(9):1255-1257.
47. Haller HL, Dirnberger J, Giretzlehner M, Rodemund C, Kamolz L. "Understanding burns": research project BurnCase 3D--overcome the limits of existing methods in burns documentation Burns 2009 May;35(3):311-317.
48. McNamara S. Review of burn management app created by Johns Hopkins Physician, inspired by mass casualty event. 2012; Available at: <http://www.imedicalapps.com/2012/12/burnmed-ios-app-burn-management/>. Accessed May 6, 2014.
49. Morris R, Javed M, Bodger O, Gorse SH, Williams D. A comparison of two smartphone applications and the validation of smartphone applications as tools for fluid calculation for burns resuscitation Burns 2013 Nov 15.
50. Soueid A, Khanna A. A free 'app' for plastic surgery: the smartphone spirit level Ann R Coll Surg Engl 2012 Nov;94(8):607.
51. Mezzana P, Scarinci F, Marabottini N. Augmented reality in oculoplastic surgery: first iPhone application Plast Reconstr Surg 2011 Mar;127(3):57e-58e.
52. Muensterer OJ, Lacher M, Zoeller C, Bronstein M, Kubler J. Google Glass in pediatric surgery: An exploratory study Int J Surg 2014;12(4):281-289.
53. Tedeytan. Google's augmented reality head mounted display as glass form. 2013; Available at:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Google_Glass_Explorer_Edition.jpeg. Accessed May 6, 2014.

54. Barr C, Yao J. The use of smartphones in hand surgery J Hand Surg Am 2012 Jan;37(1):168-170.

55. Alga L, Valdes K. Using smartphone applications as hand therapy interventions J Hand Ther 2014 2014 Jan 4.

56. Ferriero G, Sartorio F, Foti C, Primavera D, Brigatti E, Vercelli S. Reliability of a new application for smartphones (DrGoniometer) for elbow angle measurement PM R 2011 Dec;3(12):1153-1154.

57. Ferriero G, Vercelli S, Sartorio F, Munoz Lasa S, Ilieva E, Brigatti E, et al. Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry Int J Rehabil Res 2013 Jun;36(2):146-151.

58. Mitchell K, Gutierrez SB, Sutton S, Morton S, Morgenthaler A. Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation Physiother Theory Pract 2014 Mar 21.

59. Jones A, Sealey R, Crowe M, Gordon S. Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer Physiother Theory Pract 2014 Mar 25.

60. Ockendon M, Gilbert RE. Validation of a novel smartphone accelerometer-based knee goniometer J Knee Surg 2012 Sep;25(4):341-345.

61. Jenny JY. Measurement of the knee flexion angle with a Smartphone-application is precise and accurate J Arthroplasty 2013 May;28(5):784-787.

62. Ferriero G, Vercelli S, Sartorio F, Foti C. Accelerometer- and photographic-based smartphone applications for measuring joint angle: are they reliable? J Arthroplasty 2014 Feb;29(2):448-449.

63. Milani P, Coccetta CA, Rabini A, Sciarra T, Massazza G, Ferriero G. A Review of Mobile Smartphone Applications for Body Position Measurement in Rehabilitation: A Focus on Goniometric Tools PM&R 2014.