

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
der Universität zu Köln  
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. P. Eysel

# **Analyse der Auswirkungen der Smartphone- Nutzung auf die Wirbelsäule von Jugendlichen mit Fokus auf den Hals- und Nackenbereich**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität zu Köln

vorgelegt von  
Sirin Heyer  
aus Leverkusen

promoviert am 05. April 2022



Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. J. A. Bredow
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. I. Duran

#### Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herr Univ.-Prof. Dr. med. P. Eysel  
Herr PD Dr. med. J. Bredow  
Herr Dr. med. C. Baltin  
Frau A. Hagemeyer

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Daten wurden im Rahmen einer Studie an der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Köln erhoben. Bei der Koordination und Erhebung der Daten war ich beteiligt. Die Probandendaten wurden pseudonymisiert und vollständig von mir unter Anleitung von Herrn Dr. med. C. Baltin, Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der Universität zu Köln, sowie anhand der Empfehlungen von Frau A. Hagemeyer, Institut für medizinische Statistik und Bioinformatik der Universität zu Köln, mithilfe der Analysesoftware SPSS ausgewertet.

Die vorliegende Dissertationsschrift wurde vollständig von mir selbst unter der Anleitung von Herrn Univ.-Prof. Dr. med. P. Eysel angefertigt.

#### Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 15.04.2021

Unterschrift: .....

## **Danksagung**

Mein Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. med. P. Eysel für die Möglichkeit der Durchführung der vorliegenden Dissertation an der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der Universität zu Köln. Ganz besonders danke ich zudem Herrn Dr. med. Christoph Baltin, der mir bei der Ausarbeitung stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Darüber hinaus danke ich meinen Eltern, meinem Freund Tim und meinen Geschwistern, die mich während des gesamten Studiums sowie bei der Durchführung dieser Arbeit unterstützt und stets aufs Neue motiviert haben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>6</b>
<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>8</b>
<b>2. EINLEITUNG</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Ausgangssituation und Stand der Wissenschaft</b>	<b>10</b>
2.1.1. Allgemeine Smartphone-Entwicklung und -Nutzung in Deutschland	10
2.1.2. Potenzielle gesundheitliche Auswirkungen der Smartphone-Nutzung	11
2.1.3. Bestehende wissenschaftliche Ergebnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung mit Fokus auf den Hals- und Nackenbereich	12
<b>2.2 Grundlagen im Themenbereich Wirbelsäule</b>	<b>20</b>
2.2.1. Anatomie der Wirbelsäule	20
2.2.2. Entwicklung der Wirbelsäule	21
2.2.3. Mobilität der Wirbelsäule	22
2.2.4. Wirbelsäulenstabilisierende und -bewegende Muskulatur	23
2.2.5. Kraft der Rumpf-, Nacken und Halsmuskulatur	25
<b>2.3 Grundlagen im Themenbereich Schmerz</b>	<b>27</b>
2.3.1. Definition des Begriffs Schmerz	27
2.3.2. Entstehung von Schmerz	28
2.3.3. Chronifizierung von Schmerz	28
2.3.4. Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede von Schmerz	29
<b>2.4 Motivation</b>	<b>30</b>
<b>2.5 Fragestellungen und Ziel der Arbeit</b>	<b>31</b>
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Auswahl der Probanden und Datensammlung</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Datenerhebung und Messinstrumente</b>	<b>33</b>
3.2.1. Konzeption des Fragebogens	33
3.2.2. Messinstrument <i>Tergumed</i> <sup>®</sup>	35
3.2.3. Messinstrument <i>MediMouse</i> <sup>®</sup>	36
3.2.4. Messinstrument <i>Mobee</i> <sup>®</sup>	38
<b>3.3 Statistische Grundlagen zur Datenanalyse</b>	<b>39</b>
<b>4. ERGEBNISSE</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Grundlegende Ergebnisse der Studie – Erhebung des Status quo</b>	<b>41</b>
4.1.1. Fragebogen - Charakterisierung der Stichprobe	41
4.1.2. <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> - Untersuchung der Messergebnisse	49

4.1.3.	<i>MediMouse</i> <sup>®</sup> - Untersuchung der Messergebnisse	52
4.1.4.	<i>Mobee</i> <sup>®</sup> - Untersuchung der Messergebnisse	55
<b>4.2</b>	<b>Auswirkungen der Smartphone-Nutzung und weitere Einflussfaktoren auf die Gesundheit und das Schmerzempfinden von Jugendlichen</b>	<b>57</b>
4.2.1.	Untersuchung verschiedener Korrelationen	58
4.2.2.	Durchführung multiple lineare Regression	64
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>66</b>
<b>5.1</b>	<b>Diskussion des Smartphone-Nutzungsverhaltens und weiterer im Fragebogen behandelte Aspekte</b>	<b>66</b>
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse des <i>Neck Disability Index</i> und der gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf den Nackenbereich</b>	<b>71</b>
<b>5.3</b>	<b>Diskussion der Messergebnisse <i>Tergumed</i><sup>®</sup>, <i>MediMouse</i><sup>®</sup> und <i>Mobee</i><sup>®</sup></b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>Diskussion des Alters der Probanden unter Einbezug des wissenschaftlichen Kontextes</b>	<b>77</b>
<b>5.5</b>	<b>Schlussfolgerung und Ausblick</b>	<b>78</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>80</b>
<b>7.</b>	<b>ANHANG</b>	<b>89</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis	89
7.2	Tabellenverzeichnis	90
7.3	Fragebogen der <i>Smartphone Neck Studie</i>	93
7.4	Weitere Ergebnisse - <i>Tergumed</i> <sup>®</sup>	100
7.5	Weitere Ergebnisse - <i>MediMouse</i> <sup>®</sup>	105
7.6	Weitere Ergebnisse - <i>Mobee</i> <sup>®</sup>	108

## Abkürzungsverzeichnis

BWS	Brustwirbelsäule
CDDS	<i>Cervical Disc Degeneration Scale</i>
EEOP	vergrößerte äußere Hinterhauptprotuberanz ( <i>Enlarged External Occipital Protuberance</i> )
HWS	Halswirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
Lig./Ligg.	<i>Ligamentum/Ligamenta</i>
M./Mm.	<i>Musculus/Musculi</i>
N	Newton
<i>NDI</i>	<i>Neck Disability Index</i>
mNMQ	<i>modified Nordic Musculoskeletal Questionnaire</i>
p	Signifikanzwert
Proc./Procc.	Processus/Processus
r	Korrelationskoeffizient
SAS	<i>Smartphone Addiction Scale</i>
Sig.	Signifikanzwert
Std.-Abweichung	Standardabweichung





## 1. Zusammenfassung

Der Besitz und die tägliche Nutzungszeit mobiler Endgeräte ist seit der breiten Verfügbarkeit von Smartphones stark angestiegen. Insbesondere Jugendliche nutzen ihre Smartphones mehrere Stunden täglich. Der intensiven Nutzung werden schädigende Einflüsse unter anderem auf die muskuloskelettale Gesundheit zugesprochen. Unklar ist weiterhin, ob und in welchem Umfang diese Einflüsse tatsächlich bestehen und welche konkreten Auswirkungen das Smartphone-Nutzungsverhalten im Speziellen auf die Gruppe von Jugendlichen hat. In der vorliegenden Dissertation wurde die Frage untersucht, ob das Smartphone-Nutzungsverhalten negative gesundheitliche Folgen für die Wirbelsäule, insbesondere im Hals- und Nackenbereich, von Jugendlichen im Alter von 11 bis 18 Jahren hat. Grundlage der Arbeit stellt die Erhebung und Auswertung der Daten der ersten Phase der *Smartphone Neck Studie* dar. Diese Daten wurden hinsichtlich verschiedener Teilforschungsfragen analysiert und vor dem Hintergrund der bestehenden Studienlage kritisch reflektiert.

Die Datenerhebung im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* erfolgte mithilfe eines für die Studie konzipierten Fragebogens (u.a. Abfrage des Smartphone-Nutzungsverhaltens) sowie mithilfe von drei standardisierten Messgeräten zur Messung der Kraft, Haltung und Mobilität der Wirbelsäule. Der Schmerzzustand im Nackenbereich wurde mit dem wissenschaftlich etablierten *Neck Disability Index (NDI)* erfasst. Insgesamt wurden 139 Probanden untersucht (78 männlich, 61 weiblich; Durchschnittsalter bei Erhebung 14,7 Jahre).

Eine interindividuelle Betrachtung der Messergebnisse des Probandenkollektivs deutete auf negative gesundheitliche Auswirkungen der langen Smartphone-Nutzung bei Jugendlichen hin: Sowohl die Werte des *NDI* als auch die Haltungs- und Mobilitätswerte der Wirbelsäule resultierten in jeweils schlechteren Messergebnissen bei den Probanden mit einer längeren täglichen Nutzungsdauer des Smartphones. Die durchgeführten statistischen Analysen zeigten jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und dem *NDI* sowie mit den Messwerten zu Kraft, Haltung und Mobilität der Wirbelsäule.

Zum Zeitpunkt der ersten Phase der *Smartphone Neck Studie* können somit keine statistisch signifikanten Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Wirbelsäule und insbesondere den Halswirbelsäulen- und Nackenbereich bei Jugendlichen bestätigt werden. Hinsichtlich der interindividuellen Analyse der Messergebnisse, der lediglich betrachteten Momentaufnahme sowie der Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund der bisherigen Studienlage werden zukünftige Studien als notwendig erachtet. Im Rahmen dieser sollten die Auswirkungen täglicher Smartphone-Nutzung auf die Wirbelsäuleneigenschaften und -funktionen longitudinal über mehrere Messzeitpunkte analysiert werden.

Mit der vorliegenden Dissertation wurde neben der Beantwortung und Diskussion der Forschungsfragen insgesamt das Ziel erreicht, einen Überblick über die im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* erhobenen Ausgangswerte zu schaffen. Weiter wurden Vergleichswerte für die *Follow-up*-Untersuchungen und zukünftige Arbeiten gewonnen. Initiale Zusammenhänge zwischen den ermittelten Messdaten sowie geschlechts- und altersspezifische Besonderheiten wurden analysiert und im Kontext der bestehenden Studienlage im Themengebiet diskutiert.

## **2. Einleitung**

Die vorliegende Dissertationsschrift untersucht die gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Wirbelsäule von Jugendlichen mit dem Fokus auf den Hals- und Nackenbereich. Zunächst werden dazu die Ausgangssituation und der Stand der Wissenschaft aufgeführt (Kapitel 2.1). In den Kapiteln „Grundlagen im Themenbereich Wirbelsäule“ und „Grundlagen im Themenbereich Schmerz“ (Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3) werden die wissenschaftlichen Grundlagen erläutert, die zu einer hinreichenden Klärung der Fragestellung der Arbeit benötigt werden. Darauf aufbauend werden die Motivation für die Durchführung (Kapitel 2.4) und die Fragestellungen und das Ziel der vorliegenden Arbeit (Kapitel 2.5) definiert.

### **2.1 Ausgangssituation und Stand der Wissenschaft**

Heutzutage ist der Gebrauch moderner Kommunikationsmedien wie dem Smartphone zu einem zentralen Bestandteil des alltäglichen Lebens geworden. Der Besitz und die Nutzung sind im Verlauf der letzten Jahre stark angestiegen <sup>1</sup>. Insbesondere junge Generationen beschäftigen sich täglich mit diesen modernen Kommunikationsgeräten <sup>2</sup>. In Anbetracht dieses Verlaufs ist die Frage zu untersuchen, ob eine lange Smartphone-Nutzung gesundheitliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper hat. In den folgenden Kapiteln wird die allgemeine Entwicklung von Smartphones beschrieben (Kapitel 2.1.1) und die vermuteten gesundheitlichen Auswirkungen werden thematisiert (Kapitel 2.1.2). In Kapitel 2.1.3 wird eine Auswahl internationaler wissenschaftlicher Studien im betrachteten Themenbereich vorgestellt.

#### **2.1.1. Allgemeine Smartphone-Entwicklung und -Nutzung in Deutschland**

Zum Ende der 1990er Jahre war der Besitz eines eigenen Handys bei Jugendlichen eine Ausnahme (8 % Mobiltelefonbesitz der 12- bis 19-Jährigen). Zwischen den Jahren 1999 und 2004 stieg die Anzahl der jugendlichen Handybesitzer stark an <sup>3</sup>. Im Anschluss blieb der Anteil in dieser Altersgruppe mit über 90 % weitestgehend konstant <sup>1-4</sup>.

Mit dem Smartphone kam ein mobiles Endgerät auf den Markt, welches durch technologische Neuerungen deutlich mehr Anwendungen in einem Gerät ermöglichte. Es kam im Verlauf zu einer starken Zunahme der Nutzerzahlen. Ab dem Jahr 2015 besaßen erstmalig über 90 % der Jugendlichen ein eigenes Smartphone <sup>4</sup>. Laut einer Basisstudie zum Umgang von 12- bis 19-jährigen mit Medien, die seit 1998 jährlich durchgeführt wird, kann bei Jugendlichen seit dem Jahr 2017 von einer Vollversorgung mit Smartphones gesprochen werden <sup>4</sup>. Die Bitkom-Studie zu Kindern und Jugendlichen in der digitalen Welt weist ebenfalls hohe Zahlen des Smartphone-Besitzes auf (siehe Tabelle 1). Ab einem Alter von 12 Jahren wird von einem Anteil von mindestens 94 % berichtet <sup>5</sup>.

Tabelle 1 - Smartphone-Besitz verschiedener Altersklassen im Jahr 2019 in Deutschland

Alter	Anteil	Alter	Anteil
6-7 Jahre	6 %	12-13 Jahre	95 %
8-9 Jahre	33 %	14-15 Jahre	95 %
10-11 Jahre	75 %	16-18 Jahre	94 %

<sup>5</sup>

Die in der Bitkom-Studie veröffentlichten Daten aus dem Jahr 2019 zeigen im Vergleich zu den Daten aus dem Jahr 2017 einen weiteren Anstieg der Nutzerzahlen bei Jugendlichen <sup>5,6</sup>. Auch im Jahr 2020 lagen die Prozentzahlen des Smartphone-Besitzes der 12- bis 19-Jährigen bei über 90 % <sup>1</sup>. Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eines Smartphones bewirken häufig eine Erleichterung des Lebens <sup>7</sup>. Über die Hälfte (56 %) der Nutzer können sich ein Leben ohne Smartphone nicht mehr vorstellen <sup>5</sup>. Im Rahmen der Jim-Studie aus dem Jahr 2020 gaben 93 % der 12- bis 19-Jährigen eine tägliche Nutzung des Smartphones an <sup>1</sup>. Die Jugendlichen verwenden ihre Smartphones, um Musik zu hören (88 %), Videos zu schauen (87 %), zu telefonieren (84 %), im Internet zu surfen (83 %), Fotos zu machen (78 %), zu chatten (74 %), zur Nutzung sozialer Netzwerke (61 %), zum geweckt werden (56 %) oder zum Schreiben und Empfangen von E-Mails (42 %) <sup>5</sup>.

Durchschnittlich schaut jeder Smartphone-Besitzer 30-mal täglich auf das Gerät. Die Nutzungshäufigkeit ist jedoch stark altersabhängig. Etwa 40 % der jungen Erwachsenen zwischen 18 und 24 Jahren schauen über 50-mal pro Tag auf ihr Handy. Bei den 25- bis 34-Jährigen sind es nur 25 % <sup>7</sup>. Die dargelegte Entwicklung der Smartphone-Nutzung stützt die Relevanz der vorliegenden Arbeit und den Bedarf, die Auswirkungen dieser Nutzung auf den Menschen und seine Gesundheit zu analysieren. Im folgenden Kapitel werden mögliche Auswirkungen der Smartphone-Nutzung näher erläutert.

### **2.1.2. Potenzielle gesundheitliche Auswirkungen der Smartphone-Nutzung**

Mit der Smartphone-Nutzung potenziell einhergehende psychische Auswirkungen wie Smartphone-Sucht oder Depression sind bereits Gegenstand umfangreicher Forschung <sup>8-10</sup>. Mit der *Smartphone Addiction Scale* (SAS) existiert ein valides Messinstrument zur Bewertung von Smartphone-Sucht. Es handelt sich dabei um einen Selbsteinschätzungsfragebogen, der die Smartphone-Nutzungseigenschaften erfragt <sup>10</sup>. Des Weiteren bestand in der Vergangenheit die Sorge, dass die von einem Handy ausgehenden hochfrequenten und elektromagnetischen Wellen Schäden am menschlichen Gehirn hervorrufen und kanzerogen wirken können. Die Weltgesundheitsorganisation und das Bundesamt für Strahlenschutz geben bezüglich der Strahlungsgefahr jedoch Entwarnung <sup>11</sup>.

Neben den psychischen Auswirkungen werden ebenso physische Folgen in der Forschung untersucht und diskutiert. Es existieren bereits internationale Studien, in denen die

gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf unterschiedliche Körperregionen untersucht werden. Die in der Türkei durchgeführte Studie von *Inal et al. (2015)* und die in Indien durchgeführte Studie von *Shah et al. (2018)* beschreiben bspw., dass es durch die wiederkehrende Beanspruchung der Bänder und des Sehnenapparates zu Schmerzen im Bereich des Daumens kommen kann <sup>12,13</sup>.

Des Weiteren wurde untersucht, ob eine längere Smartphone-Nutzung Auswirkungen auf die beanspruchten Muskel- und Gelenkpartien und peripher verlaufende Nerven hat. Besonders der Bereich des Handgelenks wurde dahingehend analysiert und es wurde durch mehrere Studien belegt, dass eine exzessive Nutzung zu Beschwerden führen kann <sup>13,14</sup>.

Neben der Beanspruchung der Handpartie wird während des Gebrauchs des Smartphones über einen längeren Zeitraum eine in der Regel nach vorne geneigte Kopfhaltung eingenommen <sup>15</sup>. Aufgrund dieser Position wirken zusätzliche Kräfte auf die Wirbelsäule, da eine größere Neigung als die Normalstellung eine höhere Belastung impliziert <sup>16,17</sup>. Bereits bei aufrechter Haltungsposition des Kopfes in der Neutral-Null-Stellung wiegt der Kopf eines Erwachsenen ungefähr 4,5 bis 5,4 kg, die von der Wirbelsäule getragen werden müssen. Bei einer nach vorne geneigten Kopfhaltung von 15° wird die Wirbelsäule mit circa 12,3 kg belastet. Bei einer Neigung von 30° mit 18,1 kg, bei 45° mit 22,2 kg und bei 60° sogar mit 27,2 kg <sup>17</sup>. Durch eine ständige Überlastung der Halswirbelsäule (HWS) in Folge intensiver Smartphone-Nutzung besteht somit eine potenzielle gesundheitliche Gefährdung.

In diesem Zusammenhang wurde der Begriff *text neck* definiert, der Beschwerden und Symptome im Hals- und Nackenbereich beschreibt, die aufgrund der Nutzungsweise von Handys entstehen. Dabei wird vermutet, dass der sogenannte *text neck* (deutsch: „Handynacken“) zu Muskelverspannungen, Kopfschmerzen sowie Schmerzen im Nacken- und Schulterbereich führen kann <sup>18,19</sup>.

### **2.1.3. Bestehende wissenschaftliche Ergebnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung mit Fokus auf den Hals- und Nackenbereich**

Um eine ausreichende Analysegrundlage sicherzustellen, werden im Folgenden bestehende Studien im Untersuchungsbereich dargelegt. Die detailliert beschriebenen Studien haben Schnittmengen mit der Zielsetzung und Durchführung der *Smartphone Neck Studie* sowie der vorliegenden Dissertation. Die Ergebnisse und Erkenntnisse werden im weiteren Verlauf in der Diskussion der Arbeit berücksichtigt. Zusätzlich werden die Erkenntnisse von Studien des erweiterten Betrachtungsbereichs in tabellarischer Form aufgeführt. Dadurch wird ein umfassender Überblick über den derzeitigen Stand der Wissenschaft im untersuchten Themengebiet geschaffen (siehe Tabelle 2 sowie Tabelle 3).

### **Studie 1: „Die Korrelationsanalyse zwischen der Smartphone-Nutzung in Stunden und Nackenschmerzen bei Studenten der Gachon Universität“ nach Lee und Song (2014)**

Das Ziel dieser Studie (Originaltitel: „*The Correlation Analysis between Hours of Smartphone Use And Neck Pain in the Gachon University Students*“) von Ji In Lee und Ho Sueb Song war es, den Zusammenhang zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und Nackenschmerzen zu analysieren. 2.353 Studenten der Gachon Universität in Südkorea im Alter von 19 bis 30 Jahren haben an der Studie teilgenommen. Ein Selbsteinschätzungsfragebogen wurde verwendet, um die Teilnehmer zu der Dauer ihrer Smartphone-Nutzung (Nutzung pro Tag in Stunden), ihren Hauptnutzungsgründen bzw. -funktionen und zu ihren Beschwerden im Nackenbereich zu befragen. Um die Beschwerden im Nackenbereich einzuschätzen, wurde der wissenschaftlich etablierte *Neck Disability Index (NDI)* erhoben. Dieser wurde ebenfalls in der *Smartphone Neck Studie* zur Evaluation des Schmerzzustandes im Nackenbereich der Probanden verwendet.

Analysiert wurden die Daten mittels der Analysesoftware SPSS 21.0. Mit den Ergebnissen des t-Tests wurde ermittelt, dass bei den weiblichen Probanden der durchschnittliche *NDI*-Wert signifikant höher war als bei den männlichen. Der Kendall's Tau Test ergab, dass die gesamte tägliche Smartphone-Nutzung eine starke positive Korrelation mit verschiedenen Kategorien des *NDI* wie bspw. „Schmerzintensität“, „Kopfschmerzen“ und „Konzentration“ aufweist. Ebenso korreliert die Zeitdauer der einmaligen Smartphone-Nutzung mit einzelnen *NDI*-Kategorien positiv. In Summe wird durch den Kendall's Tau Test ein signifikanter stark positiver Zusammenhang zwischen der Gesamtzahl der *NDI*-Werte und der Gesamtzeit der täglichen Handynutzung sowie der Zeitdauer für die einmalige Nutzung von Smartphones beschrieben. Aus den Ergebnissen dieser Studie wurde auf eine starke Beziehung zwischen der langfristigen Nutzung von Smartphones und Nackenschmerzen geschlossen <sup>20</sup>.

### **Studie 2: „Zusammenhang zwischen der Smartphone-Nutzung und muskuloskelettalen Beschwerden bei Jugendlichen“ nach Yang et al. (2017)**

Das Ziel der Studie von Shang-Yu Yang et al. mit dem Originaltitel „*Association between Smartphone use and musculoskeletal discomfort in adolescent students*“ bestand in der Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Smartphone-Nutzung und muskuloskelettalen Beschwerden. In der Arbeitshypothese wurde davon ausgegangen, dass eine längere Dauer der Smartphone-Nutzung mit erhöhten Beschwerden des Bewegungsapparates einhergeht. 315 Schüler und Schülerinnen eines Junior-Colleges im Süden Taiwans mit einer Altersspanne von 16 bis 19 Jahren haben an der Studie teilgenommen. Jeder Teilnehmer musste einen speziell für die Studie konzipierten, in drei Abschnitte gegliederten Fragebogen ausfüllen. Im ersten Teil wurden demographische Daten (z.B. Alter, Geschlecht, Schuljahr) der Probanden gesammelt. Im zweiten Abschnitt wurden Informationen zum jeweiligen Smartphone-Nutzungsverhalten erfragt. Der dritte Teil des

Fragebogens bezog sich auf die Muskel-Skelett-Beschwerden in den sechs Monaten vor der Studiendurchführung und stellte eine modifizierte Version des *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (mNMQ) dar. Zu den vom mNMQ gemessenen Körperteilen gehören der Hals, die Schultern, der obere Rücken, der untere Rücken, die Ellenbogen, die Handgelenke und die Hände.

Alle Analysen wurden mit der Statistiksoftware SPSS 22.0 durchgeführt. Die Analyseergebnisse zeigten eine signifikante positive Korrelation des Grads des Smartphone-Einflusses und der Stunden der Nutzung mit der Anzahl der Körperteile in welchen muskuloskelettale Beschwerden auftraten. Diese Studie bekräftigt somit den Zusammenhang zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und muskuloskelettalen Beschwerden bei Schulkindern <sup>21</sup>.

### **Studie 3: „Die Sucht nach Smartphones kann Nackenschmerzen verursachen“ nach AlAbdulwahab et al. (2017)**

Die Querschnittsstudie mit dem Originaltitel „*Smartphone use addiction can cause neck disability*“ von Sami S. AlAbdulwahab et al. wurde mit 78 gesunden Studierenden der King Saud Universität in Saudi-Arabien durchgeführt. Das mittlere Alter der Probanden betrug 21,3 ± 1,7 Jahre. Das Ziel war die Untersuchung der Ausprägung der Smartphone-Abhängigkeit und die Beziehung zur Nackenfunktion bei gesunden jungen Erwachsenen. Die Teilnehmer beantworteten per E-Mail zwei Fragebögen, wovon einer die SAS beinhaltete. In dieser werden Faktoren der Alltagsstörung, der Überbenutzung, der positiven Antizipation, des Rückzugs, der Toleranzentwicklung und der Cyberspace-orientierten Beziehung berücksichtigt. Die zu erzielenden Punkte reichen von 33 bis 198. Eine hohe Punktzahl spricht für einen hohen Grad der pathologischen Nutzung des Smartphones. Zusätzlich wurde der *NDI* der Probanden durch den zweiten Fragebogen erfasst.

Die Auswertung wurde mit der Analysesoftware SPSS 16.0 durchgeführt. Dabei ergab der Spearman Korrelationskoeffizient einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der SAS und des *NDI*. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die intensive Nutzung von Smartphones mit Beschwerden im Nackenbereich verbunden ist und zu Haltungsschäden führen kann <sup>22</sup>.

### **Studie 4: „Text neck und Nackenschmerzen bei 18- bis 21-jährigen Erwachsenen“ nach Damasceno (2018)**

Bei der Studie (Originaltitel: „*Text neck and neck pain in 18-21-year old adults*“) von Gerson Moreira Damasceno et al. handelt es sich um eine Querschnittsstudie. Das Ziel dieser Studie war es, den Zusammenhang zwischen dem sogenannten *text neck* und Nackenschmerzen bei Erwachsenen zu untersuchen. Es wurden 150 18- bis 21-jährige junge Erwachsene einer öffentlichen Schule in Rio de Janeiro in der Studie berücksichtigt. Mithilfe eines Fragebogens

wurden Informationen zu soziodemographischen und anthropometrischen Daten, zu Sehschwäche, zu eigenen Bedenken bezüglich der Körperhaltung und Informationen zur täglichen Smartphone-Nutzung der Probanden gesammelt. Ein weiterer Fragebogen, der sogenannte *Young Spine Questionnaire*, diente der Ermittlung des akuten Schmerzzustandes im Bereich des Nackens und Rückens. Die Haltung des Nackens wurde zum einen durch die Probanden selbst, zum anderen von Physiotherapeuten beurteilt. Die Physiotherapeuten erhielten dazu seitliche Fotografien der Probanden, während diese eine Textnachricht verfassten. Die Haltung des Nackens wurde dabei in vier Kategorien (1 = normal, 2 = akzeptabel, 3 = unangemessen und 4 = übermäßig unangemessen) gegliedert. Diese vier Kategorien wurden wiederum in die beiden Untergruppen „no text neck“ (Kategorie 1 und 2) und „text neck“ (Kategorie 3 und 4) unterteilt.

Analysiert wurden die Daten mit der Software RStudio Version 0.99.486. Es wurden vier multivariate Regressionen durchgeführt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Nackenhaltung und Nackenschmerzen im Allgemeinen sowie der Häufigkeit des Auftretens von Nackenschmerzen identifiziert werden. Diese Studie stellt die Vermutung, dass die Nackenhaltung während der Handynutzung im Zusammenhang mit der Häufigkeit des Auftretens von Nackenschmerzen steht, in Frage <sup>23</sup>.

***Studie 5: „Prominente Exostose, die aus der okzipitalen Squama herausragt und bei jungen Erwachsenen stärker ausgeprägt ist als in älteren Altersgruppen“ nach Shahar und Sayers (2019)***

Bei der Studie von *David Shahar und Mark G. L. Sayers* mit dem Originaltitel „*Prominent exostosis projecting from the occipital squama more substantial and prevalent in young adult than older age groups*“ handelt es sich um eine retrospektive Analyse. Es wurde anhand der Begutachtung seitlicher zervikaler Röntgenaufnahmen (n = 1.200; Alter der Patienten: 18 bis 86 Jahre) die Existenz und das Ausmaß einer vergrößerten, äußeren Hinterhauptprotuberanz (EEOP = *enlarged external occipital protuberance*) untersucht. Dazu wurde die Kohorte anhand von Dekaden in Altersgruppen und in jeder Altersgruppe wiederum nach Geschlecht aufgeteilt. Alle Analysen wurden mithilfe einer Standardsoftware (*Genesis OmniVue® Genesis Digital Imaging*, Los Angeles, CA, US) durchgeführt. Als EEOP galt in dieser Studie ein Messwert von > 10 mm.

Die Auswertung erfolgte mittels der Analysesoftware SPSS 20.0. In dieser Studie konnte entgegen Aussagen vorheriger Studien eine vermehrte Exostosenbildung am Hinterhaupt bei jüngeren Erwachsenen (18- bis 30-Jährige) festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigten, dass sowohl das Geschlecht als auch das Alter und eine verstärkte Vorwärts-Kopf-Protraktion Einfluss auf die Entstehung einer EEOP haben können. Das männliche Geschlecht und eine erhöhte Vorwärts-Kopf-Protraktion gelten dabei als Faktoren, die mit einer größeren Exostose einhergehen. Demgegenüber zeigte sich mit einer Zunahme des Alters eine Abnahme der



Enthesophytengröße. Des Weiteren resultierten Hinweise darauf, dass mechanische Belastung (bspw. während der Verwendung von Smartphones) eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung einer EEOP spielt. Die Autoren verdeutlichen allerdings, dass es sich nicht um einen Nachweis direkter kausaler Zusammenhänge handelt. Trotzdem bestärken die Ergebnisse dieser Studie die Bedenken, dass eine vermehrte Belastung durch den ständigen Gebrauch von Smartphones zu zukünftigen muskuloskelettalen Beschwerden führen kann<sup>24</sup>.

**Studie 6: „Eine prospektive Längsschnittstudie zur Nutzung mobiler Touchscreen-Geräte und zu muskuloskelettalen Symptomen und visueller Gesundheit bei Jugendlichen“ nach Toh et al. (2020)**

Die Studie von *Siao Hui Toh et al.* mit dem Originaltitel „*A Prospective Longitudinal Study of Mobile Touch Screen Device Use and Musculoskeletal Symptoms and Visual Health in Adolescents*“ wurde mit einer Stichprobe von 1.691 Jugendlichen (10 bis 19 Jahre) in Singapur durchgeführt. Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung von prospektiven Zusammenhängen hinsichtlich des zeitlichen Gebrauchs und Gebrauchsmustern mobiler Touchscreen-Geräte (wie Smartphone oder Tablet) mit muskuloskelettalen Symptomen und visueller Gesundheit Jugendlicher. Die Probanden beantworteten einen Online-Fragebogen zu Beginn der Studie sowie erneut nach einem Jahr. Über den Fragebogen wurden Informationen zu den Themen „Nutzung mobiler Touchscreen-Geräte“ (bspw. Dauer, Art und Weise oder angewandte Aktivitäten), „muskuloskelettale Beschwerden“ (Einsatz des mNMQ), „visuelle Gesundheit“ (bspw. visuelle Symptome wie Rötung, Tränen der Augen, Gebrauch von Brillen/Kontaktlinsen, Schwierigkeiten beim Sehen in die Ferne/Nähe) und zur „mentalenen Gesundheit“ gesammelt.

Die statistischen Analysen wurden mit STATA 14 durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keinen Zusammenhang zwischen der zeitlichen Nutzung und den abgefragten Symptomen. Ebenso konnte kein Zusammenhang zwischen dem Konsum und visueller Gesundheit festgestellt werden. Allerdings zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Art der Nutzung (bspw. Nutzungsaktivitäten) und muskuloskelettalen Symptomen im Bereich des Nackens, der Schulter und dem unteren Rücken im *Follow-up*<sup>25</sup>.

**Studie 7: „Zusammenhang zwischen exzessivem Smartphone-Gebrauch und zervikaler Bandscheibendegeneration bei jungen Patienten mit chronischen Nackenschmerzen“ nach Zhuang et al. (2020)**

Das Ziel der Studie von *Linbo Zhuang et al.* mit dem Originaltitel „*Association between excessive smartphone use and cervical disc degeneration in young patients suffering from chronic neck pain*“ war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen exzessiver Smartphone-Nutzung und zervikaler Bandscheibendegeneration bei jungen Patienten mit chronischen Nackenschmerzen. In die Studie wurden insgesamt 2.438 Probanden mit einem Alter zwischen 18 und 44 Jahren eingeschlossen. Bei jedem Probanden wurde eine

Magnetresonanztomographie zur Untersuchung der Degeneration der HWS durchgeführt. Der Grad der Degeneration wurde anhand der *Cervical Disc Degeneration Scale* (CDDS) nach der Pfirrmann Klassifikation in fünf Schweregrade eingeteilt. Die Smartphone-Nutzung wurde anhand der SAS erhoben.

Die Ergebnisse zeigten bei Probanden mit einem überdurchschnittlich hohen Smartphone-Gebrauch höhere CDDS-Werte sodass vermutet wird, dass ein exzessiver Smartphone-Gebrauch mit einer vermehrten, zervikalen Bandscheibendegeneration einhergeht <sup>26</sup>.

### **Zusammenfassung der bisherigen wissenschaftlichen Ergebnisse**

Die dargelegten Studien thematisieren den Zusammenhang zwischen der Smartphone-Nutzung und potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen mit besonderem Fokus auf den HWS- und Nackenbereich. Es stammen nur wenige Studien, die sich mit dem Thema Smartphone und Gesundheit auseinandergesetzt haben, aus Europa. Die sieben detailliert vorgestellten Studien wurden ebenfalls in außereuropäischen Ländern durchgeführt. Zusätzlich betrug das Alter der in die Studien eingeschlossenen Probanden bei fünf der sieben Studien mehr als 18 Jahre <sup>20,22-24,26</sup>. Sechs der beschriebenen Studien inkludierten die Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung als potenziellen Einflussfaktor <sup>20-22,24-26</sup>. *Damasceno et al. (2018)* legten in ihrer Studie den Fokus auf die Haltung des Nackens während der Nutzung und den Einfluss auf Schmerzen im Nackenbereich unabhängig von der Dauer der Nutzung <sup>23</sup>. Zur Untersuchung der Zusammenhänge wurde bei vier Studien ausschließlich die Beantwortung eines Fragebogens zur Erhebung der Studiendaten verwendet <sup>20-22,25</sup>. In der Studie von *Zhuang et al. (2020)* wurden darüber hinaus MRT-Bilder, von *Shahar und Sayers (2019)* retrospektiv seitliche zervikale Röntgenbilder und von *Damasceno et al. (2018)* seitliche Fotografien der Probanden analysiert und ausgewertet <sup>23,24,26</sup>.

Bei fünf der Studien zeigten die Ergebnisse einen positiven Zusammenhang zwischen der Smartphone-Nutzung und gesundheitlichen Auswirkungen auf den Nackenbereich <sup>20-22,24,26</sup>. Die Studie von *Damasceno et al.* aus dem Jahr 2018 sowie die Studie von *Toh et al.* aus dem Jahr 2020 konnten hingegen keinen Zusammenhang nachweisen <sup>23,25</sup>. Diese Zusammenstellung und die damit dargelegten divergierenden Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit zur Durchführung weiterer Studien. Es wird insbesondere deutlich, dass ein Mangel an Studien besteht, in denen der gesundheitliche Einfluss der Smartphone-Nutzung auf Kinder und Jugendliche im Wachstumsalter mithilfe quantitativer Messverfahren untersucht wird. In Tabelle 2 und Tabelle 3 werden die beschriebenen Studien sowie weitere, im Kontext des Betrachtungsbereichs stehende Studien, zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 2 - Zusammenfassung der Studien zum Stand der Wissenschaft (I/II)

Studie (Originaltitel)	Autoren	Jahr	Journal	Probanden	Alter	Ort	Ziel der Studie	Ergebnisse der Studie
<i>Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: A preliminary study in a Canadian university population.</i>	Sophia Berolo et al.	2011	Applied ergonomics	140 Student, staff and faculty	-	Universität Waterloo	Überprüfung des Vorhandenseins und der Verteilung von muskuloskeletalen Beschwerden während der Smartphone-Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Während der Nutzung berichten die meisten der Probanden von Schmerzen in mindestens einem Körperteil</li> <li>An rechter Hand Schmerzen am häufigsten an Daumenwurzel</li> </ul>
<i>The Correlation Analysis between Hours of Smartphone Use And Neck Pain in the Gachon University Students.</i>	Ji In Lee und Ho Sueb Song	2014	The Acupuncture	2.353	23,15 ± 4,47 Jahre (J)	Gachon Universität, Südkorea	Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Häufigkeit der Smartphone-Nutzung und Nackenschmerzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starke Beziehung zwischen der langfristigen Nutzung von Smartphones und Nackenschmerzen</li> <li>Signifikant starke positive Korrelation der Gesamtzahl der NDI-Werte mit der Gesamtzeit der täglichen Handnutzung und der Zeitdauer für die einmalige Nutzung von Smartphones</li> </ul>
<i>The relationship between smartphone use and subjective musculoskeletal symptoms and university students.</i>	Hyo-Jeong Kim und Jin-Seop Kim	2015	Journal of Physical Therapy Science	292	21,42 ± 1,57 J	Seoul, Südkorea	Untersuchung der Nutzung von Smartphones von Studenten und ihre muskuloskeletalen Symptome	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insbesondere Beschwerden im Nacken und in der Schulter</li> <li>Positive Korrelation zwischen der Benutzung von Smartphones und muskuloskeletalen Beschwerden</li> </ul>
<i>Effect of duration of smartphone use on muscle fatigue and pain caused by forward head posture in adults.</i>	Seong-Yeol Kim und Sung-Ja Koo	2016	The Journal of Physical Therapy Science	34	26,2 ± 5,45 J	Kyungnam Universität, Korea	Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Smartphone-Nutzungsdauer auf Schmerzen und Ermüdung von Nacken und Schulter (oberer Musculus Trapezius, Musculus erector spinae)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhöhte Smartphone-Nutzung sorgt für eine Zunahme von Schmerzen und Ermüdung im Bereich von Nacken und Schulter</li> </ul>
<i>Effects of the cervical flexion angle during smartphone use on muscle fatigue and pain in the cervical erector spinae and upper trapezius in normal adults in their 20s.</i>	Sangyong Lee et al.	2017	The Journal of Physical Therapy Function	14	22,1 ± 1,6 J	Chungbuk Universität, Korea	Überprüfung der Auswirkung von unterschiedlichen Flexionshaltungen des Halses auf Schmerzen im Musculus erector spinae und im oberen Musculus Trapezius und auf die Ermüdung der Muskeln.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signifikante Unterschiede je nach Hals-Flexions-Winkel in Bezug auf die Muskelermüdung und Schmerzen im rechten und linken oberen Musculus Trapezius</li> <li>Kein signifikanter Zusammenhang im Bezug auf den rechten und linken Musculus erector spinae</li> </ul>
<i>Text neck and neck pain in 18-21-year old adults.</i>	Gerson M. Damasceno et al.	2018	European Spine Journal	150	18 bis 21 J	Rio de Janeiro, Brasilien	Überprüfung des Zusammenhangs zwischen dem sogenannten text neck und Nackenschmerzen bei Erwachsenen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Zusammenhang zwischen der Nackenhaltung (text neck) und Nackenschmerzen im Allgemeinen und der Häufigkeit von Nackenschmerzen</li> </ul>

12.20-30

Tabelle 3 - Zusammenfassung der Studien zum Stand der Wissenschaft (I/II)

Studie (Originaltitel)	Autoren	Jahr	Journal	Probanden	Alter	Ort	Ziel der Studie	Ergebnisse der Studie
<i>Association between Smartphone use and musculoskeletal discomfort in adolescent students.</i>	Shang-Yu Yang et al.	2017	Journal of community health	315	16 bis 19 J	Taiwan	Testung des Zusammenhangs zwischen der Smartphone-Nutzung und muskuloskeletalen Beschwerden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signifikant positive Korrelation des Grads des Smartphone-Einflusses und der Stunden der Nutzung mit der Anzahl der Körperteile mit muskuloskeletalen Beschwerden</li> </ul>
<i>Smartphone use addiction can cause neck disability.</i>	Sami S. AlAbdulwahab, et al.	2017	Muskuloskeletal Care	78	21,3 ± 1,7 J	King Saud University, Saudi-Arabien	Untersuchung der Ausprägung der Smartphone-Abhängigkeit und ihre Beziehung zur Nackenfunktion bei gesunden jungen Erwachsenen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sucht nach Smartphones korreliert mit Beschwerden im Nackenbereich</li> <li>Sucht nach Smartphones kann zu Haltungsschäden führen</li> </ul>
<i>Correlation of smartphone use addiction with text neck syndrome and SMS thumb in physiotherapy students.</i>	Priyal P., Shah and Megha S. Sheth	2018	International Journal of Community Medicine and Public Health	100	20 bis 25 J (21,8 ± 1,29 J)	Ahmedabad, Gujarat, India	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Smartphone-Sucht, dem „Text-Neck-Syndrom“ und dem „SMS-Daumen“ an Physiotherapeuten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Smartphone-Sucht zeigt positiven Zusammenhang mit dem „Text-Neck-Syndrom“ und dem „SMS-Daumen“</li> </ul>
<i>Prominent exostosis projecting from the occipital squama more substantial and prevalent in young adult than older age groups.</i>	David Shahar and Mark G. L. Sayers	2019	Scientific Reports Natureresearch Journal	1.200	18 bis 86 J	School of Health and Sport Sciences, University of the Sunshine Coast	Vergleich des Ausmaßes, des Vorhandenseins und der Aufrechterhaltung prominenter okzipitaler Exostosen hinsichtlich verschiedener Altersstufen, Geschlechtsunterschieden und mechanischen Belastungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinweise darauf, dass mechanische Belastung (schlechte Körperhaltung mit verstärkter Vorwärts-Kopf-Protraktion, aberrante Belastung der externen okzipitalen Protuberanz), das Geschlecht und das Alter einen Einfluss auf die Entwicklung und Aufrechterhaltung einer prominenten okzipitalen Exostose haben</li> </ul>
<i>A Prospective Longitudinal Study of Mobile Touch Screen Device Use and Musculoskeletal Symptoms and Visual Health in Adolescents.</i>	Siao Hui Toh, et al.	2020	Applied Ergonomics Journal	1.691	10 bis 19 J	Singapur	Untersuchung prospektiver Assoziationen hinsichtlich des zeitlichen Gebrauchs und Gebrauchsmustern mobiler Touchscreen-Geräte mit muskuloskeletalen Symptomen und visueller Gesundheit Jugendlicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Zusammenhang zwischen der Dauer der täglichen Nutzung und Symptomen gefunden</li> <li>Ebenso kein Zusammenhang des Konsums und visueller Gesundheit</li> <li>Assoziation zwischen Gebrauchsmustern (bspw. Nutzungsaktivitäten) und muskuloskeletalen Symptomen im <i>Follow-up</i></li> </ul>
<i>Association between excessive smartphone use and cervical disc degeneration in young patients suffering from chronic neck pain.</i>	Linbo Zhuang, et al.	2020	Journal of Orthopaedic Science	2.438	18 bis 44 J	China	Überprüfung des Zusammenhangs exzessiver Smartphone-Nutzung und zervikaler Bandscheiben-degeneration bei jungen Patienten mit chronischen Nackenschmerzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patienten mit übermäßiger Smartphone-Nutzung zeigten höhere CDDs-Werten</li> </ul>

## 2.2 Grundlagen im Themenbereich Wirbelsäule

In diesem Kapitel werden die anatomisch-physiologischen Grundlagen der in der *Smartphone Neck Studie* untersuchten Körperregionen dargestellt. Es werden sowohl die Anatomie, die Entwicklung und die Mobilität der Wirbelsäule (Kapitel 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3) als auch die an der Stabilität und der Bewegung der Wirbelsäule beteiligte Muskulatur (Kapitel 2.2.4) und deren Kraft (Kapitel 2.2.5) dargelegt.

### 2.2.1. Anatomie der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule stellt als Achsskelett das Grundgerüst des Körperstammes dar <sup>31,32</sup>. Ihre Aufgabe ist zum einen die Stützfunktion des Rumpfes und zum anderen der Schutz der neuralen Strukturen. Gebildet wird sie durch alternierend übereinander angeordnete Wirbel (Vertebra) und Bandscheiben (Disci intervertebrales) <sup>31-33</sup>. Insgesamt besteht sie aus 24 flexiblen, knöchernen Wirbeln, die gegeneinander beweglich sind und aus dem nicht beweglichen Kreuz- und Steißbein (Os sacrum und Os coccygis), die wiederum aus mehreren verschmolzenen Wirbeln bestehen <sup>32,34</sup>.

Man unterteilt die Wirbelsäule in fünf Abschnitte mit unterschiedlicher Wirbelanzahl: HWS mit sieben Wirbeln, Brustwirbelsäule (BWS) mit zwölf Wirbeln, Lendenwirbelsäule (LWS) mit fünf Wirbeln, Os sacrum und Os coccygis mit mehreren verschmolzenen Wirbeln. In der lateralen Ansicht weist die Wirbelsäule vier unterschiedliche Krümmungsverhalten auf:

- Lordose der HWS
- Kyphose der BWS
- Lordose der LWS
- Kyphose der Sakralwirbelsäule <sup>32,33,35</sup>.

Ein Wirbel wird unterteilt in den ventral gelegenen Wirbelkörper (Corpus vertebrae) und den dorsal gelegenen Wirbelbogen (Arcus vertebrae). Der Wirbelkörper ist der massivste Teil des Wirbels <sup>31</sup>. Auf dem Wirbelbogen sind beidseits die Processus (Procc.) articulares lokalisiert, die die jeweiligen Wirbel kranial und kaudal miteinander verbinden und die sogenannten Wirbelbogengelenke (Articulationes zygoapophyseales) bilden. Lateral der Procc. articulares liegen die Procc. transversi <sup>35</sup>. Den dorsalen Abschluss des Wirbelbogens bildet der Processus (Proc.) spinosus <sup>31</sup>. Diese Wirbelzusammensetzung lässt sich mit höhencharakteristischen Modifikationen in jedem Abschnitt der Wirbelsäule wiederfinden <sup>31,35</sup>.

Gesichert werden die Verbindungen der einzelnen mobilen Elemente durch fibroligamentäre Strukturen. Das Ligamentum (Lig.) longitudinale anterius sichert den Wirbelkörper von ventral, von dorsal wird er durch das Lig. longitudinale posterius gesichert. Des Weiteren wird die Wirbelsäule bzw. die einzelnen Wirbel durch das sehr kräftige Lig. flavum, das Lig. interspinale, welches dorsal in das Lig. supraspinale übergeht sowie die Ligamenta (Ligg.)

intertransversaria, welche die Procc. transversi miteinander verbinden, gesichert. Diese Ligamente verleihen der Wirbelsäule einen guten Schutz vor Verletzungen und eine große Widerstandskraft<sup>31,32</sup>. Die Bandscheibe (Discus intervertebralis) ist jeweils zwischen zwei Wirbeln lokalisiert. Sie setzt sich zentral aus dem Nucleus pulposus und peripher aus dem Anulus fibrosus zusammen<sup>31,32,34</sup>.

## **2.2.2. Entwicklung der Wirbelsäule**

### ***Frühentwicklung der Wirbelsäule***

Die menschliche Rumpfanlage ist von Beginn der embryonalen Frühentwicklung an in kraniokaudaler Richtung in einzelne Segmente, sogenannte Somiten, gegliedert<sup>36</sup>. Im Verlauf der weiteren Entwicklung teilen sich die ehemaligen Somiten in Dermatome, Myotome und Sklerotome auf<sup>35,36</sup>. Die aus Mesenchymzellen bestehenden Sklerotome sind von besonderer Bedeutung für die Skelettentwicklung<sup>35-37</sup>. Am Ende der vierten Entwicklungswoche wandern die Sklerotomzellen in Richtung Chorda dorsalis aus, um welche sie einen mesenchymalen Zellverband und die Anlage der späteren Wirbelsäule bilden<sup>35</sup>.

Im Rahmen der Phase der Knorpelbildung beginnen ab der sechsten Entwicklungswoche die miteinander verbundenen kaudalen und kranialen Sklerotomabschnitte zu verknorpeln. Auf diese Weise entstehen durch die Verdrängung des Chordamaterials nach oben und unten sogenannte Chordasegmente, aus deren Resten sich später die Nuclei pulposi der Bandscheiben entwickeln. Die Bandscheiben bilden sich zwischen den Wirbelkörperanlagen aus<sup>35</sup>.

Ausgehend von dem Zentrum der Wirbelkörperanlagen beginnt die Phase der Verknöcherung<sup>35,36</sup>. Durch die segmental angelegten Myotome werden die Fortsätze zweier benachbarter Wirbelkörperanlagen miteinander verbunden und die dazwischenliegenden Bandscheiben überbrückt<sup>35</sup>. Dabei entstehen die in Kapitel 2.2.3 näher erläuterten Bewegungssegmente.

### ***Postnatales Wachstum und Veränderungen der Wirbelsäule***

Von Bedeutung ist insbesondere ein symmetrisches Längen- und Breitenwachstum der Wirbelsäule<sup>38</sup>. Es bedarf der Synchronisation von bis zu 130 Wachstumsfugen, um bei Wachstumsabschluss eine harmonisch gekrümmte und in der Frontalebene gerade Wirbelsäule zu entwickeln<sup>39</sup>. Im Generellen verläuft das Wachstum der Wirbelsäule ebenso wie das der Extremitäten in Phasen und nicht gleichmäßig. Die einzelnen Phasen unterscheiden sich im Besonderen anhand ihrer Wachstumsgeschwindigkeiten. Für die ersten fünf Lebensjahre ist ein rasches Wachstum charakteristisch. Anschließend daran ist die Zeit bis zu Beginn der Pubertät durch ein langsames Wachstum geprägt. Vom Einsetzen der Pubertät bis zum Wachstumsabschluss ist eine erneute deutliche Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit typisch<sup>40</sup>.

Zu Beginn der Pubertät (bei Mädchen mit circa 11 Jahren und bei Jungen mit circa 13 Jahren (Knochenalter)) besteht bei Mädchen ein allgemeines Restwachstum von etwa 13 % und bei Jungen von etwa 14 %<sup>39</sup>. Das Wachstum der Wirbelsäule im Speziellen macht in dieser Phase bis zum Wachstumsabschluss ungefähr zwei Drittel des Gesamtwachstums aus. Sowohl exogene als auch endogene Störungen der Synchronisation dieses Wachstums können mit negativen Folgen für die Entwicklung einhergehen und unter anderem zu Deformitäten der Wirbelsäule führen<sup>40</sup>.

Die einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule verknöchern ausgehend von unterschiedlich lokalisierten primären Ossifikationszentren. Mit Beginn der Pubertät entstehen weitere sekundäre Ossifikationszentren an den Spitzen der Dorn- und Querfortsätze sowie den oberen und unteren Endplatten (Apophysenring) der zervikalen und thorakalen Wirbel<sup>41</sup>. Diese sekundären Ossifikationszentren fusionieren mit den Wirbelkörpern im Laufe der Pubertät bzw. bis zum 25. Lebensjahr<sup>39,41</sup>. Erst während der postnatalen Weiterentwicklung kommt es zu der Aufrichtung der Wirbelsäule. Beim Neugeborenen sind die für die erwachsene Wirbelsäule charakteristischen sagittalen Krümmungen noch nicht vollständig ausgebildet<sup>31,40</sup>.

### **2.2.3. Mobilität der Wirbelsäule**

Als spinales Bewegungssegment werden zwei miteinander verbundene Wirbel, die dazwischen lokalisierte Bandscheibe, die dazugehörigen Wirbelbogengelenke und die umliegenden Strukturen wie Bänder und Muskeln bezeichnet<sup>34,35</sup>.

Bei der lateralen Betrachtung der Wirbelsäule kann diese in einen anterioren und einen posterioren Pfeiler unterteilt werden. Zum anterioren Pfeiler wird der Wirbelkörper gezählt, der eine Stützfunktion besitzt. Er übernimmt insbesondere statische Aufgaben. Der posteriore Pfeiler besteht unter anderem aus dem Wirbelbogen und den Procc. articulares. Diesem werden dynamische Aufgaben zugeschrieben<sup>31</sup>.

Auch vertikal ist die Wirbelsäule aufgrund ihrer abwechselnden Anordnung von ligamentären und knöchernen Strukturen in ein passives und ein mobiles Segment zu unterteilen. Der Wirbel bildet an dieser Stelle erneut das passive Segment. Das mobile Segment besteht aus den Bandscheiben (Disci intervertebrales), den Zwischenwirbellöchern (Foramina intervertebralia), den Facettengelenken und ligamentären Strukturen<sup>31</sup>. Die Gelenkflächen der Wirbelbogengelenke besitzen in den einzelnen Teilen der Wirbelsäule unterschiedliche Neigungen. Diese bewirken eine Spezialisierung der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte auf bestimmte Bewegungsrichtungen und unterschiedliche Bewegungsausmaße (siehe Tabelle 4)<sup>35</sup>. Die Gesamtmobilität der Wirbelsäule setzt sich aus den Bewegungen der einzelnen Segmente zusammen<sup>31,35</sup>. Somit wirkt sich die Störung in einem Bereich der Wirbelsäule auch auf die restlichen Abschnitte aus<sup>35</sup>.

Insgesamt weist die Beweglichkeit der Wirbelsäule drei Freiheitsgrade auf. Diese sind die in der Sagittalebene erfolgende Flexion und Extension, die zu beiden Seiten in der Frontalebene durchführbare Seitneigung und die in der Transversalebene mögliche axiale Rotation <sup>31,32,35</sup>. Die HWS weist die größte Beweglichkeit auf <sup>33,35</sup>. Die Angaben der physiologischen Bewegungsausmaße können sich je nach Literatur unterscheiden. In Tabelle 4 sind als Richtwerte die Bewegungsausmaße *nach Schünke et al. (2018)* aufgeführt. Dabei liegen die HWS-Bewegungsausmaße stets höher als die der BWS oder der LWS. Bei der Ventralflexion bspw. weist die HWS ein Bewegungsausmaß von 65° auf, die BWS von 35° und die LWS von 50°. In der letzten Tabellenzeile sind die jeweiligen Gesamtbewegungsausmaße der Wirbelsäule der einzelnen Bewegungsrichtungen aufgeführt <sup>35</sup>.

Tabelle 4 - Physiologische Bewegungsausmaße der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte *nach Schünke et al. (2018)*

Wirbelsäule-Abschnitt	Ventralflexion	Dorsalextension	Lateralflexion	Rotation
HWS (ohne Kopfgelenke)	65°	40°	35°	50°
BWS	35°	25°	20°	35°
LWS	50°	35°	20°	5°
<b>HWS + BWS + LWS</b>	<b>150°</b>	<b>100°</b>	<b>75°</b>	<b>90°</b>

<sup>35</sup>

#### **Potenzielle Einflussfaktoren auf die Mobilität der Wirbelsäule**

Die Bewegungsamplituden der Wirbelsäule sind von individuellen Gegebenheiten abhängig und können daher variieren <sup>42,43</sup>. Als Faktoren, die einen Einfluss auf die Bewegungsamplitude haben zählen unter anderem das Alter, das Geschlecht, die körperliche Konstitution und die alltäglichen Aktivitäten <sup>42</sup>. Die Mobilität nimmt mit zunehmendem Lebensalter ab <sup>43</sup>. Des Weiteren wird dem Übungs- und Trainingszustand sowie der Körpertemperatur ein Einfluss auf die Mobilität der Wirbelsäule zugesprochen. Durch eine Erhöhung der Körpertemperatur und einen guten Trainingszustand verbessert sich die Mobilität <sup>44</sup>.

In der Metaanalyse von *Pan et al. (2018)* wurden die Ergebnisse unterschiedlicher Studien zusammengefasst, in denen die Auswirkungen von Alter und Geschlecht auf das Bewegungsausmaß der zervikalen Wirbelsäule thematisiert wurde. Dabei wurde deutlich, dass das Geschlecht ebenfalls einen Einfluss auf die Mobilität der Wirbelsäule hat. Frauen wiesen dabei in der Regel höhere zervikale Bewegungsausmaße auf (Ausnahme: Probanden mit einem Alter von 50 bis 60 Jahre und Bewegungsausmaße bei Seitneigung). Allerdings war der Geschlechterunterschied bei jungen Probanden (Alter zwischen 20 und 30 Jahren) nicht signifikant <sup>45</sup>.

#### **2.2.4. Wirbelsäulenstabilisierende und -bewegende Muskulatur**

Zu den muskulären Strukturen, die den Rumpf und die HWS stabilisieren und zu der Bewegung beitragen, wird im Folgenden ein Überblick gegeben. Es wird die im Wesentlichen an der Stabilisation und Bewegung der Wirbelsäule beteiligte Muskulatur aufgeführt. In Tabelle



5 werden die Muskeln, die für die Stabilisation und Bewegung der HWS verantwortlich sind, anhand ihrer ausführenden Bewegung zusammengefasst dargestellt.

Als Musculus (M.) erector spinae wird eine Untergruppe der Rückenmuskulatur bezeichnet. Dieser wird in einen tief lokalisierten medialen Strang und einen oberflächlich lokalisierten lateralen Muskelstrang gegliedert <sup>32,34,35</sup>. Der mediale Strang übt dabei hauptsächlich Halte- und Stützfunktionen aus. Der laterale Anteil spielt bei der Bewegung der Wirbelsäule eine größere Rolle <sup>34</sup>.

Zu den medialen Extensoren gehören der M. spinalis, die Musculi (Mm.) interspinales (interspinales System) sowie die Mm. rotatores, der M. semispinalis und der M. multifidus (transversospinales System). Zu dem lateralen Trakt des M. erector spinae werden der M. iliocostalis, der M. longissimus, der M. splenius, die Mm. intertransversarii und die Mm. levatores costarum gezählt. Bei beidseitiger Kontraktion der bisher genannten Muskeln kommt es, abhängig von der Lokalisation der Muskulatur, zur Dorsalextension in unterschiedlichen Bereichen der Wirbelsäule. Eine einseitige Kontraktion führt zu ipsilateraler Lateralflexion oder Rotation <sup>32,35</sup>.

An der Flexion des Rumpfes ist die Bauchwandmuskulatur beteiligt. Die Flexion des Rumpfes kann durch eine beidseitige Kontraktion des M. rectus abdominis erreicht werden. Unterstützt wird dieser durch die beidseitige Kontraktion der schrägen Bauchmuskeln, den Mm. obliquus externus und internus (einseitige Kontraktion führt hier ebenfalls zu Lateralflexion oder Rotation) <sup>35</sup>. Für die Stabilisierung und die spezifische Bewegung der HWS sind mehrere Muskeln notwendig (siehe Tabelle 5). Vordergründig sind daran die zu der Gruppe der autochtonen Rückenmuskulatur gehörenden kurzen Nacken- bzw. Kopfgelenkmuskeln (M. rectus capitis posterior major/minor, M. obliquus capitis inferior/superior und die Mm. Interspinales) sowie die prävertebrale Muskulatur beteiligt <sup>31,35</sup>.

Tabelle 5 - Halswirbelsäulenstabilisierende und -bewegende Muskulatur

Extension	Flexion	Lateralflexion	Rotation
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskeln des zervikalen und kapitalen Anteils des M. erector spinae</li> <li>• Kurze Nackenmuskeln (M. rectus capitis posterior major/minor, M. obliquus capitis superior/inferior)</li> <li>• M. sternocleidomastoideus</li> <li>• M. levator scapulae</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prävertebrale Muskulatur (M. longus capitis/colli, M. rectus capitis anterior/lateralis)</li> <li>• Mm. scaleni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prävertebrale Muskulatur (M. longus colli/capitis, M. rectus capitis lateralis/anterior)</li> <li>• Muskeln des zervikalen und kapitalen Anteils des M. erector spinae</li> <li>• Kurze Nackenmuskeln (M. rectus capitis posterior major/minor, M. obliquus capitis superior/inferior)</li> <li>• Mm. scaleni</li> <li>• M. sternocleidomastoideus</li> <li>• M. trapezius</li> <li>• M. levator scapulae</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prävertebrale Muskulatur (M. longus capitis, M. longus colli)</li> <li>• Muskeln des zervikalen Anteils des M. erector spinae (M. multifidus, Mm. semispinales cervicis/capitis (kontralateral), M. longissimus capitis, M. splenius capitis/cervicis)</li> <li>• Kurze Nackenmuskeln (M. rectus capitis posterior major, M. obliquus capitis inferior)</li> <li>• M. trapezius (kontralateral)</li> <li>• M. sternocleidomastoideus (kontralateral)</li> </ul>
→ beidseitige Kontraktion der Muskeln	→ beidseitige Kontraktion der Muskeln	→ einseitige Kontraktion der Muskeln	→ einseitige Kontraktion der Muskeln

35

### 2.2.5. Kraft der Rumpf-, Nacken und Halsmuskulatur

Im Folgenden werden die Grundlagen bezüglich der Muskelkraft im Bereich des Rumpfes, des Nackens und des Halses beschrieben. Der Fokus liegt auf den Beschreibungen *nach Denner*, da auf Basis der durch ihn erhobenen Daten die Referenzwerte für das *Tergumed*<sup>®</sup>-Gerät erstellt wurden, welches in der *Smartphone Neck Studie* zur Messung der Muskelkraftwerte der Probanden verwendet wurde.

Da die Kraftmessungen der *Smartphone Neck Studie*, wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, gegen fixierte Widerstände durchgeführt wurden, handelt es sich um Messungen der statischen (isometrischen) Kraft. Die im Folgenden aufgeführten Beschreibungen der Kraft beziehen sich somit stets auf die isometrische Form.

Bei zunehmender Flexion des Rumpfes steigt die isometrische Maximalkraft der Rumpfextensoren kontinuierlich an. Dies bedeutet, dass bei maximaler Flexionsstellung des Rumpfes die Extensoren die größte Kraft aufbringen können. Im Gegensatz dazu können die Rumpfflexoren bei maximaler Extensionsstellung die größte Kraft entwickeln<sup>44</sup>. In mehreren Studien erreichten die Maximalkraftwerte der Rumpfextensoren größere Werte im Vergleich

zu den Flexoren<sup>46,47</sup>. Nach *Moussa et al. (2020)* nimmt das Verhältnis der Rumpfflexoren und Rumpfextensoren mit zunehmendem Wachstum während der Pubertät ab<sup>48</sup>. Bei der Rumpflateralflexion werden die höchsten isometrischen Kraftwerte bei 20° bis 30° erreicht. Wird der Rumpf maximal nach außen gedreht, kann die Rumpfrotation ihre isometrische Maximalkraft entfalten<sup>44</sup>.

Wie bereits bei der Extension des Rumpfes beschrieben erreicht ebenso die HWS-Extension bei größtmöglich flektierter Stellung und die HWS-Flexion bei extendierter HWS die größte isometrische Kraft<sup>44</sup>. Die zervikalen Extensoren erreichen insgesamt eine größere Kraft als die zervikalen Flexoren<sup>49,50</sup>. Bei der Lateralflexion der HWS zeigt sich eine Abnahme der isometrischen Kraft ausgehend von einer lateralflektierten Stellung von 30° in die Neutralnullstellung zurück. Die HWS-Rotatoren erreichen ebenfalls bei maximal vorgedehnter Muskulatur ihre isometrische Maximalkraft<sup>44</sup>.

### ***Potenzielle Einflussfaktoren auf die Kraft der Rumpf-, Nacken- und Halsmuskulatur***

Als leistungsbegrenzende Faktoren auf die statische Maximalkraft können gezählt werden:

1. der Muskelfaserquerschnitt
2. die Muskelfaserzahl
3. die Struktur
4. die Muskelfaserlänge und Zugwinkel
5. die Koordination
6. die Motivation<sup>51,52</sup>.

Zusätzlich haben das Alter und das Geschlecht sowie der Ernährungs- und Trainingszustand Auswirkungen auf die Muskelkraft<sup>51</sup>. Im Weiteren werden die alters- und geschlechtsspezifischen Unterschiede aufgeführt.

In der Kindheit bestehen zwischen Jungen und Mädchen nur sehr geringe Kraftunterschiede<sup>52-54</sup>. Bis zu dem Beginn der Pubertät beträgt der Muskelanteil an der Gesamtkörpermasse beider Geschlechter in etwa 27 %<sup>53</sup>. Während der Pubertät kommt es zu einem stärkeren Anstieg der Muskelkraft bei den Jungen im Vergleich zu den Mädchen. Diese Entwicklungsunterschiede sind auf die hormonellen Umstellungen in dieser Zeit zurückzuführen<sup>53,54</sup>. Ungefähr ab dem 30. Lebensjahr kommt es zu einer Abschwächung der Muskelkraft<sup>55</sup>.

Im Allgemeinen erreichen Männer höhere Maximalkraftwerte als Frauen<sup>56,57</sup>. Bei Männern beträgt der Anteil der Muskeln an der Gesamtkörpermasse in etwa 41 % bis 52 %. Im Vergleich dazu sind es bei der Frau ungefähr 33 % bis 38 %<sup>54</sup>. Bei der genaueren Betrachtung der geschlechtsspezifischen, maximalen Muskelkraftwerte erreichen die Frauen bei den Rumpfextensoren durchschnittlich 56 %, bei den Rumpfflexoren 53 %, bei den

Rumpflateralflexoren 54 %, bei den Rumpfrotatoren 52 % und bei den HWS-Extensoren 57 % der absoluten maximalen Kraftwerte der Männer <sup>56</sup>.

Die vorangegangenen Betrachtungen werden genutzt, um die erhobenen Kraftwerte der *Smartphone Neck Studie* in Bezug zu den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen zu setzen. Letztlich sind dadurch eine umfassende Analyse sowie Interpretation der Messergebnisse möglich.

## **2.3 Grundlagen im Themenbereich Schmerz**

Aufgrund der Untersuchung der Entwicklung von Schmerzen im Rahmen vermehrter Smartphone-Nutzung in der vorliegenden Arbeit sowie in der *Smartphone Neck Studie*, werden im folgenden Kapitel die Grundlagen im Themenbereich Schmerz präsentiert. Dazu wird in Kapitel 2.3.1 der Begriff „Schmerz“ näher erläutert. In Kapitel 2.3.2 wird auf die Entstehung von Schmerzen im Allgemeinen und in Kapitel 2.3.3 auf die Chronifizierung von Schmerzen eingegangen. Im letzten Teil (Kapitel 2.3.4) werden die in der Literatur beschriebenen geschlechts- und altersspezifischen Unterschiede im Themenbereich Schmerz dargelegt.

### **2.3.1. Definition des Begriffs Schmerz**

Nach der *International Association for the Study of Pain* wird Schmerz als „ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebeschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird“ definiert <sup>58</sup>. Im Allgemeinen gilt, dass Schmerz ein subjektives Empfinden ist, welches in Ausprägung und Intensität unterschiedlich wahrgenommen werden kann <sup>59,60</sup>. Es wird zwischen akutem und chronischem Schmerz differenziert. Akuter Schmerz tritt meist unmittelbar in Folge eines schädigenden Ereignisses (bspw. Operation oder Unfall) auf <sup>58</sup>. Dem akuten Schmerz wird eine Warn- und Schutzfunktion für den Körper zugesprochen <sup>58,61,62</sup>. Ein maximal drei bis sechs Monate lang anhaltender Schmerz wird als akuter Schmerz definiert <sup>60</sup>. Chronisch ist ein Schmerz ab einer über diesen Zeitraum anhaltenden Schmerzsymptomatik <sup>60,61</sup>. Chronischer Schmerz kann ohne eine erkennbare Schädigung vorkommen <sup>61,63</sup>. Häufig ist eine eindeutig identifizierbare Ursache nicht möglich. In der Regel variiert die Lokalisation und der Schmerz ist nicht auf den ursprünglichen Ort der Schädigung begrenzt <sup>63</sup>. Chronischer Schmerz geht häufig mit psychopathologischen Beschwerden einher <sup>60,61</sup>.

Die Behandlungsziele beider Schmerzarten sind sehr unterschiedlich. Während bei der akuten Schmerztherapie die Linderung der Schmerzen durch teils dringliche und intensive Therapien im Vordergrund steht, gelten bei der chronischen Schmerztherapie der Umgang mit den Schmerzen und die Minderung der Beeinträchtigung durch die Erkrankung als Schwerpunkte der Behandlung <sup>63</sup>.

### **2.3.2. Entstehung von Schmerz**

Ausgehend von Schmerzrezeptoren, sogenannten Nozizeptoren, werden im menschlichen Körper noxische Reize detektiert<sup>63,64</sup>. Nozizeptoren sind freie Nervenendigungen, die sich in der Haut (90 %) sowie in anderen Geweben des Körpers befinden. Noxische Reize können als mechanische oder thermische Reize von außen auf den Körper einwirken oder im Rahmen körpereigener Entzündungsreaktionen als chemische Reize im Körper selbst entstehen<sup>61</sup>. Über Nervenfasern wird der Schmerzreiz zum zentralen Nervensystem weitergeleitet. Es existieren mehrere Typen von Nervenfasern, die sich besonders in ihrer Geschwindigkeit, ihrer Schmerzqualität und ihrer Schmerzintensität voneinander unterscheiden<sup>61</sup>. Es wird zwischen A $\delta$ - und C-Fasern unterschieden<sup>63,64</sup>. A $\delta$ -Fasern besitzen eine schnellere Leitungsgeschwindigkeit mit kürzerer, aber besser lokalisierbarer Schmerzqualität als C-Fasern. A $\delta$ -Fasern sind somit vornehmlich für hellen Sofortschmerz zuständig. C-Fasern führen hingegen zu einem dumpfen Tiefenschmerz<sup>61</sup>.

Nach der Weiterleitung des Reizes über die Nervenfasern erfolgt eine synaptische Transmission im Rückenmark und eine Fortleitung bis zum Gehirn. Auf spinaler Ebene kommt es dabei zu einer synaptischen Umschaltung auf das zweite Neuron<sup>61,63</sup>. Glutamat fungiert dabei als Transmitter<sup>58,63</sup>. Zusätzlich interagieren auf dieser Ebene verschiedene weitere Signale mit den Schmerzsignalen aus der Peripherie. Diese weiteren Signale können sowohl hemmend als auch verstärkend auf die nozizeptiven Signale einwirken. Hemmend wirken bspw. von A $\delta$ -Fasern weitergeleitete taktile Reize über lokale GABAerge Interneurone oder deszendierende noradrenerge und serotonerge Bahnen aus dem Hirnstamm. Eine Faszilitierung (Verstärkung) kann allerdings ebenfalls durch deszendierende serotonerge Bahnen aus dem Hirnstamm ausgelöst werden. Auf der zerebralen Ebene kommt es zu Wechselwirkungen mit anderen zerebralen Zentren<sup>63</sup>.

### **2.3.3. Chronifizierung von Schmerz**

Aufgrund der im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* und der vorliegenden Dissertation vermuteten potenziellen Entstehung von dauerhaften Schäden durch die permanente Smartphone-Nutzung der Jugendlichen wird im Folgenden detailliert auf die Mechanismen der Chronifizierung von Schmerzen eingegangen. Wie bereits in Kapitel 2.3.1 beschrieben, wird ein über sechs Monate lang anhaltender Schmerz als chronisch definiert. Chronischer Schmerz geht nicht nur mit einer zeitlichen Ausweitung, sondern ebenfalls mit einer über die körperliche Ebene hinausreichende und auf die psychische und soziale Ebene ausweitende Dimension einher<sup>60</sup>. Chronische Schmerzen bedingen häufig depressive Verstimmung, Interessenverlust oder verminderte soziale Aktivität<sup>61</sup>. Akute Schmerzformen können in chronische übergehen<sup>63,65</sup>. Zu den Mechanismen der Chronifizierung werden Schmerz- und Vermeidungsverhalten, maladaptive Kognitionen (z.B. Katastrophisierung, Schmerzangst), dysfunktionale Bewältigungsstrategien (z.B. Durchhaltestrategien), Stressoren aus dem Alltag

(sowohl beruflich als auch privat) und iatrogene Faktoren (z.B. Überdiagnostik, Informationsmängel, Fehler bei der Medikation) gezählt<sup>63</sup>. Um mögliche Chronifizierungsprozesse frühzeitig festzustellen und ein Fortschreiten durch adäquate Therapien zu verhindern, ist die Durchführung einer detaillierten Schmerzanamnese von besonderer Bedeutung<sup>61,63</sup>.

Als zelluläre Mechanismen der Chronifizierung werden eine periphere und eine zentrale Sensibilisierung unterschieden<sup>58,65</sup>. Bei der erhöhten peripheren Sensibilisierung kommt es zu einer gesteigerten Aktivität ligandengesteuerter Ionenkanäle wie bspw. den TRP-Kanälen (*transient receptor potential channels*), die der Signalumwandlung von sowohl physikalischen als auch elektrischen Reizen und somit der Schmerzentstehung dienen. In der Regel werden diese Kanäle durch Kälte oder Hitze, aber ebenfalls durch endogene Mediatoren oder chemische Reize aktiviert. Durch die Sensibilisierung dieser Kanäle wird die Erregungsschwelle herabgesetzt, sodass diese bereits bei nicht noxischen Reizen aktiviert werden<sup>58</sup>. Die zentrale Sensibilisierung ist definiert als ein Phänomen, das zur Verstärkung, zeitlichen Verlängerung sowie räumlichen Ausdehnung des peripheren Schmerzsignals führt. Es wird bei der ersten synaptischen Verschaltung im Rückenmark durch die Aktivierung der Nozizeptoren ausgelöst<sup>58</sup>.

#### **2.3.4. Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede von Schmerz**

In der Vergangenheit wurden häufig geschlechtsspezifische Unterschiede der Wahrnehmung und der Verarbeitung von Schmerzen sowie des Schmerzverhaltens untersucht. Allerdings sind insbesondere die Aussagen zu den ursächlichen Faktoren und dem unterschiedlichen Ablauf des Schmerzgeschehens bisher nicht validiert<sup>66</sup>. In mehreren Studien zeigte sich eine bei Frauen höhere Schmerz-Prävalenz als bei Männern<sup>67-69</sup>. Als ursächliche Faktoren für die geschlechtsspezifischen Unterschiede werden unter anderem physiologische, psychologische sowie soziale Faktoren vermutet<sup>66,68</sup>.

Im Rahmen der psychosozialen Ätiologie werden unter anderem in der Gesellschaft vorhandene Geschlechterrollenstereotypen diskutiert. Hinsichtlich der physiologischen Ätiologie werden unterschiedliche Wirkungen der Sexualhormone sowie zentrale und periphere an der Verarbeitung des Schmerzes beteiligte Mechanismen in Betracht gezogen. Jedoch dürfen die identifizierten Differenzen nicht generalisiert werden und können nur auf einzelne Schmerzarten übertragen werden<sup>66</sup>. Des Weiteren wurde in experimentellen Studien häufig eine erhöhte Schmerzsensitivität des weiblichen Geschlechts aufgezeigt<sup>66,70</sup>. Jedoch gilt diese lediglich für Modalitäten wie Kälte-, Hitze- und Druckschmerz als gesichert<sup>66</sup>. Eine gesteigerte Schmerzsensitivität begünstigt wiederum vermeintlich den Prozess der Chronifizierung von Schmerzen<sup>71</sup>. Es werden aufgrund der geschlechtsbezogenen Differenzen potenzielle Unterschiede der Wirkweise und Effizienz der Schmerztherapie bei

Männern und Frauen für möglich erachtet. Eine geschlechtsspezifische Berücksichtigung von Wirkfaktoren könnte somit zu einer Verbesserung der Therapie von Schmerzen führen <sup>66</sup>.

Analog zu den aufgeführten Geschlechterunterschieden wurden altersbezogene Differenzen im Themengebiet „Schmerz“ innerhalb unterschiedlicher Studien behandelt. Dabei lag der Fokus meist auf älteren Generationen. Schmerzen bei Kindern wurden bisher nur selten untersucht <sup>72,73</sup>. Gesichert ist, dass bereits Neugeborene Schmerzreize verspüren und auf diese mit Stressreaktionen reagieren können <sup>74</sup>. Durch eine frühe Erfahrung von Schmerzen kann es zu langfristigen Veränderungen in der Schmerzverarbeitung und pathologischen Schmerzzuständen kommen <sup>74,75</sup>.

Auch in den Studienergebnissen zu Schmerzen im höheren Alter zeigen sich uneinheitliche Ergebnisse, sodass in diesem Bereich ebenfalls eine Intensivierung der Forschung notwendig ist. Es existieren einige Studien, die eine höhere Prävalenz von chronischen Schmerzen mit ansteigendem Alter (bis zur siebten Lebensdekade) dargelegt haben. Allerdings unterscheiden sich die Ergebnisse abhängig von der Zielgruppe und den verwendeten Messinstrumenten <sup>76,77</sup>. Ebenso existiert die Hypothese, dass ein höheres Alter Auswirkungen auf die zentrale Schmerzverarbeitung hat <sup>78</sup>. Ein höheres Alter gehört nach *Majedi et al. (2020)* zu den Risikofaktoren für eine längere Schmerzdauer <sup>79</sup>. Eine geringere Schmerztoleranz von Älteren gegenüber Jüngeren gilt als gesichert <sup>72</sup>. Zusammenfassend wurden geschlechts- und altersspezifische Unterschiede zum Thema Schmerz in der Vergangenheit häufig untersucht. Allerdings bestehen weiterhin Unklarheiten, da es sich bei den Ergebnissen aufgrund unterschiedlicher wissenschaftlicher Erkenntnisse bisher um keine validierten Aussagen handelt.

## **2.4 Motivation**

Auf Basis der vorangestellten Ausgangssituation und dem Stand der Wissenschaft wird im Folgenden die Motivation der vorliegenden Dissertation definiert. Es wurde bereits in mehreren internationalen Studien der *text neck* und die gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die HWS und auf die restliche Wirbelsäule untersucht (siehe dazu auch Tabelle 2 sowie Tabelle 3). Die bestehenden Studien stammen zum größten Teil aus außereuropäischen Ländern <sup>15</sup>. Insbesondere die Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf den Nacken und die HWS wurden im europäischen Raum bisher nur selten analysiert. Weiter wurden die meisten Studien mit Probanden älter als 18 Jahre durchgeführt, obwohl, wie in Kapitel 2.1.1 dargelegt, insbesondere Jugendliche das Smartphone täglich nutzen. Die zugrundeliegenden Messdaten der vorhandenen Studien wurden in der Regel lediglich durch den Einsatz von Fragebögen erhoben.

Somit besteht der Bedarf nach einer im europäischen Raum durchgeführten Untersuchung der Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf Jugendliche. Die Erhebung der Daten und die

Analyse sollten möglichst objektiv durchgeführt werden und über ein Vorgehen, das lediglich auf einem Fragebogen beruht, hinausgehen. Daraus resultierte die Motivation für die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit und die im Zusammenhang zu dieser Dissertation stehende *Smartphone Neck Studie*. Im folgenden Kapitel werden die zugrundeliegenden Fragestellungen und das Ziel der Dissertation sowie der *Smartphone Neck Studie* näher erläutert.

## **2.5 Fragestellungen und Ziel der Arbeit**

Das übergeordnete Ziel und damit der Forschungsschwerpunkt dieser Dissertation ist die Beantwortung der Frage, ob das Smartphone-Nutzungsverhalten negative gesundheitliche Auswirkungen auf die Wirbelsäule und insbesondere auf den Hals- und Nackenbereich von Jugendlichen im Alter von 11 bis 18 Jahren hat. In diesem Alter befindet sich die Wirbelsäule noch im Wachstum<sup>39,40</sup>. Durch die Verwendung von standardisierten Messinstrumenten sowie dem Einsatz eines selbstkonzipierten Fragebogens können diese gesundheitlichen Auswirkungen ermittelt werden. Den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen stellen dabei die Muskelkraft, das Bewegungsausmaß und die Haltung in diesen Bereichen dar. Folgenden Teilforschungsfragen wird in der vorliegenden Dissertation zur Strukturierung und Detaillierung der übergeordneten Frage- und Zielstellung nachgegangen:

- I. Hat das Smartphone-Nutzungsverhalten einen Einfluss auf das Auftreten von Schmerzen im Hals- und Nackenbereich von Jugendlichen?
- II. Führt eine längere Dauer der Smartphone-Nutzung zu einer Abschwächung der Kraft der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur?
- III. Führt eine längere Dauer der Smartphone-Nutzung zu einer verschlechterten Haltung der Wirbelsäule?
- IV. Ist ein eingeschränktes Bewegungsausmaß der Wirbelsäule eine Folge einer längeren Smartphone-Nutzungsdauer?

Die vorliegende Dissertation dient des Weiteren der Erhebung eines Status quo und damit der Erfassung der Ausgangswerte der *Smartphone Neck Studie*. Die erhobenen Datengrundlagen können sowohl für die Auswertung der zweiten Untersuchungsphase als auch für weiterführende Arbeiten als Vergleichswerte eingesetzt werden.



### **3. Material und Methoden**

In Kapitel 3.1 wird das Vorgehen der Rekrutierung der Probanden der *Smartphone Neck Studie* beschrieben. Es werden die Messinstrumente sowie der Ablauf der Untersuchungen und der Datenerhebung vorgestellt (Kapitel 3.2). Abschließend werden in Kapitel 3.3 die für die Auswertung der vorliegenden Dissertation genutzten statistischen Verfahren erläutert.

#### **3.1 Auswahl der Probanden und Datensammlung**

Vor Beginn der Untersuchungen wurden unterschiedliche Vorarbeiten geleistet. In Kooperation mit dem Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie (IMSIE) der Universität zu Köln wurde im Rahmen der Konzeptionierung der vorliegenden Studie eine Fallzahl von 120 Probanden für ein aussagekräftiges Ergebnis ermittelt. Zusätzlich wurde aufgrund der Durchführung von Testungen an Minderjährigen ein Ethikantrag gestellt und dieser von der Ethikkommission der Universitätsklinik zu Köln geprüft und bewilligt. Finanzielle Unterstützung erhielt die *Smartphone Neck Studie* von der gemeinnützigen Imhoff-Stiftung, die 2001 von dem Kölner Schokoladenfabrikanten Hans Imhoff zur Förderung von sozialen Projekten der Stadt Köln gegründet wurde. Des Weiteren wurden ein Fragebogen für die Studie, ein Informationsvideo und ein Informationsflyer zur Rekrutierung der Probanden erstellt.

Die systematische Datenerhebung der ersten Phase der *Smartphone Neck Studie* wurde im Juli 2017 begonnen und im Februar 2018 abgeschlossen. Insgesamt haben 140 Jugendliche aus Köln im Alter von 11 bis 18 Jahren an der ersten Untersuchungsphase teilgenommen. Davon wurden 139 Jugendliche in die Analyse eingeschlossen. Alle Probanden nahmen freiwillig und mit dem Einverständnis ihrer Erziehungsberechtigten an der Befragung und den standardisierten Testverfahren zur biomechanischen Funktions-, Form- und Kraftanalyse der Wirbelsäule teil. Zur Incentivierung erhielt jeder Teilnehmer ein Fitnessarmband der Marke *Polar Loop*. Die untersuchten Personen zeigten ausreichende bis sehr gute Motivation und Kooperationsbereitschaft.

Die Rekrutierung erfolgte auf unterschiedliche Arten. Die Probanden wurden durch Vorstellungen der Studie in verschiedenen Kölner Schulen und Sportvereinen, durch eine Verteilung von Projektflyern sowie durch persönliche Weiterempfehlung bisheriger Studienteilnehmenden rekrutiert. Zu den Ausschlusskriterien zählten der fehlende Besitz eines eigenen Smartphones, ein Alter, das nicht in die angestrebte Altersgruppe von 11 bis 18 Jahren zugeordnet werden konnte und eine bereits vorliegende schwerwiegende Erkrankung der Wirbelsäule. Interessierte Probanden konnten per E-Mail ihre Wohnadressen zusenden. Im Anschluss erhielten sie auf postalischem Weg die Teilnahmeinformationen. Nach der Auswahl eines Termins und der Überprüfung der Ein- bzw. Ausschlusskriterien erfolgten die Testungen mit dem jeweiligen Probanden.

Die standardisierten Messgeräte wurden von der UniReha der Universitätsklinik Köln bereitgestellt und sämtliche Untersuchungen von ausgebildeten Physiotherapeuten durchgeführt. Die Testungen fanden in Räumlichkeiten der Orthopädie und Unfallchirurgie der Universitätsklinik Köln statt. Die Selektion der Probanden der ersten Untersuchungsphase ist in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt.

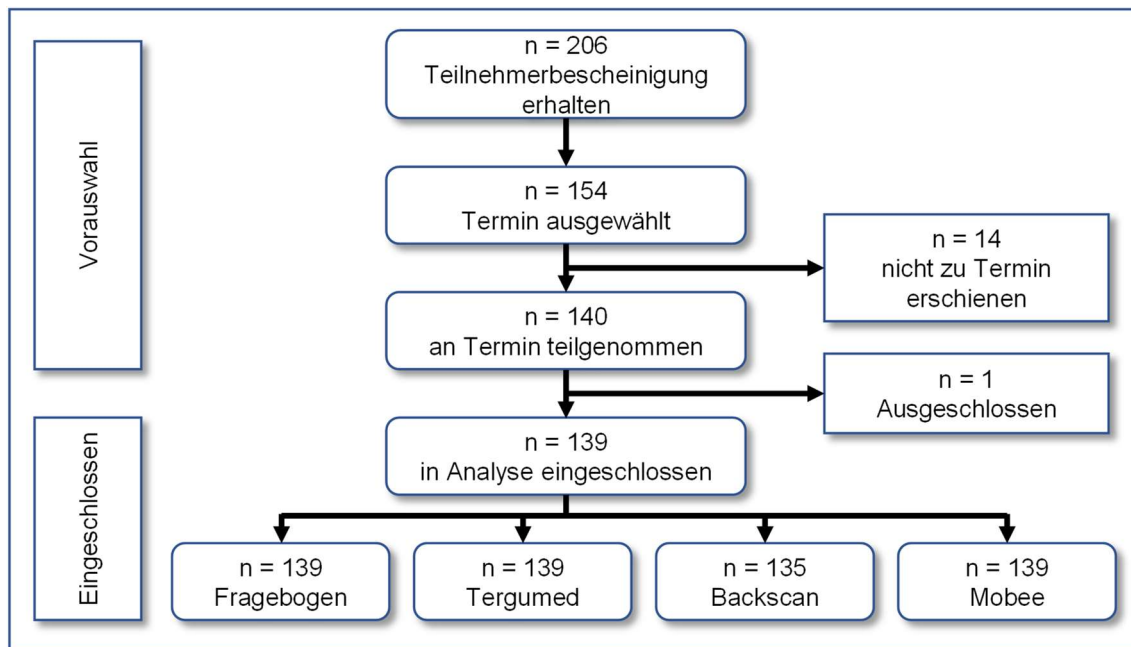


Abbildung 1 - Flussdiagramm zur detaillierten Darstellung der Probandenselektion

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.2 Datenerhebung und Messinstrumente

Die jeweils verfügbaren Termine wurden über einen individuellen Link der Online-Plattform *Doodle* angeboten. Pro Testperson stand ein durchschnittlicher zeitlicher Rahmen von einer Stunde zur Verfügung. In dieser Stunde wurde durch den Probanden sowohl der Fragebogen beantwortet als auch die Funktions-, Form- und Kraftanalyse der Wirbelsäule durchgeführt. Im Anschluss an die Messungen wurden dem Probanden ausgewählte Ergebnisse vorgestellt und erläutert.

In Kapitel 3.2.1 werden die Inhalte des konzipierten Fragebogens detailliert dargestellt. Darüber hinaus wurden zur Erhebung des Datensatzes und somit zur Messung der Kraft, der Haltung und des Bewegungsausmaßes der Wirbelsäule Testungen mit drei verschiedenen standardisierten und anerkannten Messinstrumenten durchgeführt: *Tergumed*<sup>®</sup> (Kapitel 3.2.2), *MediMouse*<sup>®</sup> (Kapitel 3.2.3) und *Mobee*<sup>®</sup> (Kapitel 3.2.4).

#### 3.2.1. Konzeption des Fragebogens

Um Informationen über das Smartphone-Nutzungsverhalten der Probanden, soziodemographische Daten, generelle sportliche Aktivitäten sowie aktuelle Beschwerden des Bewegungs- und Stützapparates zu erhalten, wurde ein Fragebogen konzipiert.

Dieser Fragebogen wurde von jedem der 139 in die Studie eingeschlossenen Probanden während des Untersuchungstermins ausgefüllt. Die Daten wurden pseudonymisiert erhoben und gespeichert.

Der Fragebogen ist in vier Themenbereiche unterteilt:

1. Nutzung des Smartphones
2. aktuelle muskuloskelettale Beschwerden
3. Beschwerden während der Smartphone-Nutzung
4. demographische Angaben.

Es sind Multiple-Choice-Fragen sowie Fragen, die mittels Freitext oder Prozentangaben zu beantworten sind, enthalten. Im Abschnitt „Nutzung des Smartphones“ wird erfragt, seit wie vielen Jahren die Probanden ein eigenes Smartphone besitzen und wie viele Stunden sie es täglich nutzen. Außerdem wird ermittelt, wo und wofür die Probanden das Smartphone verwenden, auf welche Art und Weise (bspw. mit einer Hand oder beidhändig, im Sitzen, im Liegen), ob sie andere elektronische Endgeräte gebrauchen und ob durch die Eltern eine zeitliche Nutzungsbeschränkung festgelegt wurde.

Im Abschnitt „aktuelle muskuloskelettale Beschwerden“ wird erfragt, wie viel Sport die Probanden pro Woche treiben und ob sie an Verletzungen oder Erkrankungen der Wirbelsäule oder des Bewegungsapparats unabhängig von der Benutzung des Smartphones leiden. Zur besseren wissenschaftlichen Vergleichbarkeit wurde der standardisierte und wissenschaftlich etablierte *NDI* in diesen Abschnitt integriert. Dies ist ein validierter Index, mithilfe dessen die Beschwerden und Probleme bei alltäglichen Aktivitäten erfasst werden können, die durch die HWS verursacht werden <sup>80,81</sup>. Der *NDI* stellt ein häufig verwendetes Messinstrument zur Evaluation von Nackenschmerzen dar <sup>82</sup>. Im Rahmen des *NDI* werden insgesamt zehn unterschiedliche Themenbereiche erfasst:

1. Schmerzintensität
2. persönliche Körperpflege (z.B. Waschen, Anziehen)
3. Heben von Gegenständen
4. Lesen
5. Kopfschmerzen
6. Konzentration
7. Arbeit/ körperliche Tätigkeiten
8. Autofahren
9. Schlafen
10. Freizeitaktivität <sup>81</sup>.

Der Aspekt „Autofahren“ ist aufgrund des Alters der Probanden der *Smartphone Neck Studie* in „längere Zeit geradeaus schauen (bspw. Fernsehen schauen)“ geändert worden. Jeder

Themenbereich wird je nach Intensität der Einschränkung mit bis zu fünf Punkten bewertet. Der Score wird berechnet, indem die Summe der Punktzahlen ermittelt wird. Der Index in Prozent wird auf die Gesamtpunktzahl von 50 bezogen <sup>80,81</sup>. Die erreichten Punktzahlen werden wiederum in unterschiedliche Ausmaße der Beeinträchtigung durch die Schmerzen unterteilt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 - Kategorisierung des *NDI*

<b>NDI Wert [in %]</b>	<b>NDI-Wert [in Punkten]</b>	<b>Ausmaße der Beeinträchtigung</b>
0 - 9	0 - 4	Keine Problematik
10 - 29	5 - 14	Leichte klinisch relevante Beeinträchtigung
30 - 49	15 - 24	Moderate Beeinträchtigung
50 - 69	25 - 34	Ernstzunehmende Beeinträchtigung
70 - 100	35 - 50	Komplette Beeinträchtigung

<sup>80</sup>

Mithilfe dieses Indexes können validiert Beschwerden an der HWS und dadurch entstandene Probleme im Alltag erkannt werden. Zusätzlich wird in dem Bereich „aktuelle muskuloskeletale Beschwerden“ erfragt, ob noch weitere Belastungen der HWS bestehen und wie viele Stunden der Proband pro Nacht schläft.

In dem Fragebogenabschnitt „Beschwerden während der Smartphone-Nutzung“ wird ermittelt, ob zur Zeit der Verwendung des Handys körperliche Beschwerden vorliegen und zu welchem Anteil nach längerer Benutzung Beschwerden wie Kopf-, Nacken-, Schulter-, Augen-, Arm-, Handgelenks-, Hand-/Finger- oder andere Schmerzen auftreten. Zusätzlich wird abgefragt, ob es im Zuge der aktiven Nutzung bereits zu einer gefährlichen Situation (z.B. Unfall, Verletzung) gekommen ist. Außerdem werden die Testpersonen gefragt, ob sie glauben, dass die Handynutzung einen Einfluss auf die eigene Gesundheit hat und falls ja, in welcher Art.

Im letzten Abschnitt des Fragebogens werden die soziodemographischen Angaben der Probanden (Alter, Geschlecht, Schulklasse, Schulform, Größe und Gewicht) gesammelt. Dies ist für die spätere Auswertung für ein Verständnis darüber wichtig, ob Unterschiede in den einzelnen Gruppierungen (bspw. alters- oder geschlechtsspezifische Unterschiede) bestehen.

### **3.2.2. Messinstrument *Tergumed*<sup>®</sup>**

*Tergumed*<sup>®</sup>-Geräte sind computergestützte Krafttrainingsgeräte, die sowohl zur Optimierung der Therapie als auch zur Diagnostik von Rückenschmerzen genutzt werden. In Abbildung 2 ist exemplarisch eines der verwendeten *Tergumed*<sup>®</sup>-Geräte abgebildet, bei dem der Proband durch den Physiotherapeuten bei dessen Durchführung angeleitet wird. Die Trainingsmaschinen wurden von der Firma *Proxomed* entwickelt. In der Studie wurden verschiedene Trainingsgeräte von *Tergumed*<sup>®</sup> verwendet, um mithilfe dieser die prozentualen Muskelkraftverhältnisse und die Maximalkraftwerte der wirbelsäulen-stabilisierenden

Muskulatur zu ermitteln. Durchgeführt wurden die Messungen zum einen an der BWS bei Flexion und bei Extension sowie bei Links- und Rechts-Rotation. Zum anderen wurden die Muskelkraftwerte an der HWS bei Flexion und Extension sowie seitlicher zervikal Flexion nach links und rechts gemessen.

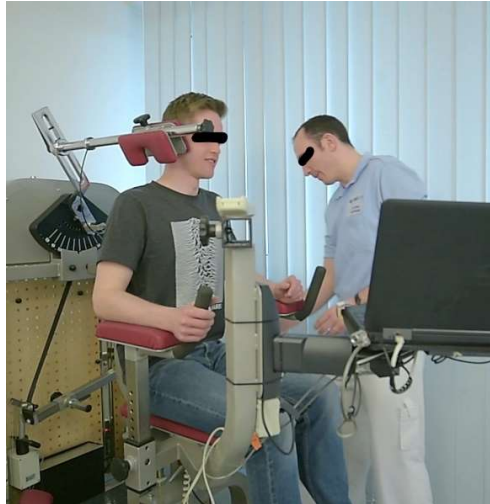


Abbildung 2 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit *Tergumed*<sup>®</sup>

Quelle: Aufnahmen aus dem Informationsvideo der *Smartphone Neck Studie*

Für die Testung mussten die Probanden auf dem entsprechenden Krafttrainingsgerät Platz nehmen. Um sicherzustellen, dass die erhobene Kraft ausschließlich aus der zu messenden Bewegung resultiert, wurden die Oberschenkel der Probanden während der Messungen der Extensions-/Flexions-Kräfte und der Rotations-Kräfte der LWS/BWS an dem jeweiligen Trainingsgerät fixiert.

Zur Messung der zervikalen Kräfte wurden sowohl die Oberschenkel als auch der Oberkörper am Krafttrainingsgerät fixiert. Im Anschluss führten die Studienteilnehmenden die einzelnen Bewegungen gegen gepolsterte Anteile des Geräts und somit gegen einen Widerstand aus. Für jede zusammenhängende Bewegungsrichtung existiert ein Messgerät. In dieser Studie wurden somit insgesamt vier verschiedene Trainingsgeräte von *Tergumed*<sup>®</sup> genutzt.

In der Software der *Tergumed*<sup>®</sup>-Geräte sind geschlechts-, alters- sowie gewichtsadaptierte Referenzwerte hinterlegt. Diese beruhen auf den von Achim Denner im Rahmen seiner Dissertation im Jahre 1995 veröffentlichten Daten. Die Referenzdaten wurden von der Firma *Proxomed* bezogen auf Lebensjahrzehnte modifiziert, sodass die Probanden aus der *Smartphone Neck Studie* sämtlich in der Gruppe „jünger 20 Jahre“ inbegriffen sind.

### **3.2.3. Messinstrument *MediMouse*<sup>®</sup>**

Mit der *MediMouse*<sup>®</sup> der Firma Sportmed wird die Haltung und die Bewegung der Wirbelsäule untersucht. Die *MediMouse*<sup>®</sup> - von anderen Herstellern mit ähnlicher Bau- und Funktionsweise auch als *Backscan*<sup>®</sup> oder *Spinalmouse*<sup>®</sup> bezeichnet - ist ein Messgerät, das die Analyse und Darstellung der Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule in sagittaler und frontaler Ebene

ermöglicht. Bei der Durchführung der Studie wurde ein Gerät vergleichbar mit einer Computermaus auf den Dornfortsätzen der Wirbelsäule des Probanden in aufrechter Stellung entlanggeführt. Dies wurde in Flexion und bei gleichzeitiger Ausführung des Matthiass-Tests wiederholt. Zur Durchführung des Matthiass-Tests bekam der Proband jeweils eine ein Kilogramm schwere Hantel in die Hand. Während der Haltungsmessung musste der Proband die Hanteln mit gestreckten Armen vor den Körper halten. In Abbildung 3 ist exemplarisch eines der verwendeten *MediMouse*<sup>®</sup>-Geräte abgebildet. Durch den Vergleich der verschiedenen Haltungen konnte die Beweglichkeit der Wirbelsäule und der einzelnen Segmente der Probanden errechnet werden.

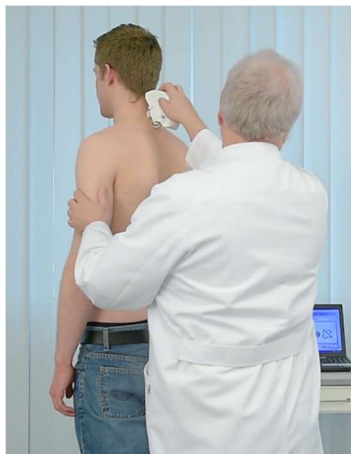


Abbildung 3 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit *MediMouse*<sup>®</sup>

Quelle: Aufnahmen aus dem Informationsvideo der *Smartphone Neck Studie*

Zur Darstellung der Ergebnisse der Untersuchungen mit der *MediMouse*<sup>®</sup> werden die Messwerte tabellarisch horizontal in eine Haltungs- und eine Bewegungsanalyse und vertikal in segmentale und regionale Messwerte unterteilt. Im oberen Tabellenteil wird die Haltung und Beweglichkeit der einzelnen Segmente (TH1-S1) dargestellt. Zur Darstellung der Haltungsanalyse werden die intersegmentalen Winkel aufgeführt. Die Bewegungsanalyse erfolgt durch die Berechnung der Winkeländerungen von einer Körperhaltung in eine andere. Im unteren Teil werden in regionalen Bereichen die segmentalen Winkel zusammengefasst in BWS und LWS und zusätzlich die Neigung der Hüfte, die Neigung der Körperachse (Inklination) und die Länge der Wirbelsäule dargestellt.

Exakte altersspezifische Referenzdaten existieren aufgrund der während der Pubertät und dem Wachstumsalter verschiedenen Konstitutionen nicht. Durch die Firma *Lucamed* wurde darauf verwiesen, dass für die Altersgruppe der Probanden der *Smartphone Neck Studie* die Referenzdaten der 18-jährigen (bei Probandenalter 12 bis 18 Jahre) oder der 6- bis 8-jährigen Jungen bzw. 9- bis 11-jährigen Mädchen (bei Probandenalter 11 Jahre) genutzt wurden. Unter Einbeziehung der Referenzwerte wurde in der Studie für jeden Probanden der sogenannte *Spine Check Score* ermittelt. Dieser liefert gewichtete Bewertungen der Wirbelsäulenfunktion. Die Haltung, die Beweglichkeit und die Haltungskompetenz werden mit einem Score-Wert

zwischen null und 100 angegeben und grafisch mittels einer Ampeldarstellung einer von fünf Zonen (--; -; Ø; +; ++) sowie einer Farbe (rot, gelb oder grün) zugeordnet. Die Auswertung des Haltungswerts bezieht die Haltung der Wirbelsäule im aufrechten Stehen und in Flexion mit ein. Zur Bewertung der Beweglichkeit wird der Übergang vom aufrechten Stehen in die vornübergebeugte Haltung analysiert. Die Haltungskompetenz bewertet die durch die entsprechende Rumpfmuskulatur gewährleistete Stabilisierung der Wirbelsäule während der Durchführung des Matthiass-Tests. Aus diesen drei Wirbelsäulenfunktionen und den jeweils erhobenen Werten wurde im Weiteren ein Gesamt-Score berechnet, der gleichartig grafisch dargestellt ist.

#### 3.2.4. Messinstrument *Mobee*<sup>®</sup>

Das Messgerät *Mobee*<sup>®</sup> wird ebenfalls von der Firma *Proxomed* hergestellt und dient der Untersuchung des Bewegungsausmaßes einzelner Gelenke (siehe Abbildung 4). Um die Beweglichkeit der HWS zu messen, wurde das Gerät wie eine Kopflampe auf den Kopf des Probanden gezogen. Anschließend musste der Kopf gemäß den Vorgaben der Neutralnullmethode in unterschiedliche Maximalstellungen gebracht werden. Der Beginn einer Bewegung resultierte dadurch stets aus der Neutralnullstellung heraus. Gemessen wurden die Bewegungsausmaße von Flexion und Extension, von Links- und Rechts-Lateralflexion sowie von Links- und Rechts-Rotation in Grad.



Abbildung 4 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit *Mobee*<sup>®</sup>

Quelle: Aufnahmen aus dem Informationsvideo der *Smartphone Neck Studie*

Mit der Durchführung dieser drei unterschiedlichen Messverfahren wurde ein allgemeiner Überblick über den aktuellen Zustand der Wirbelsäule, über deren Kraft, Haltung und Beweglichkeit der jeweiligen Probanden gewonnen. Die Messwerte wurden im Probandenkollektiv der *Smartphone Neck Studie* untereinander verglichen und auf geschlechts- oder altersspezifische Unterschiede untersucht. Zusätzlich ermöglichten die Ergebnisse der *MediMouse*<sup>®</sup> und der *Tergumed*<sup>®</sup>-Messungen einen Vergleich mit Referenzwerten.

### 3.3 Statistische Grundlagen zur Datenanalyse

Alle erhobenen Messdaten, sowohl des Fragebogens als auch der Testungen, wurden retrospektiv zunächst mittels *Microsoft Excel* zusammengefasst. Dabei stellen die erhobenen Daten eines einzelnen Probanden einen Fall dar. Um den Datenschutz zu wahren, wurde zur Pseudonymisierung jedem Probanden eine eigene Kennnummer zugeordnet.

Die statistische Auswertung erfolgte anschließend gemäß der Empfehlung des statistischen Beratungskolloquiums im Institut für medizinische Statistik und Bioinformatik der Universität zu Köln. Die Daten wurden mithilfe der Statistik- und Analysesoftware SPSS (*IBM®SPSS®Statistics* Version: 25) ausgewertet. Die in dieser Dissertation enthaltenen Grafiken wurden unter Zuhilfenahme von *Excel*, *SPSS* und *PowerPoint* erstellt. Als Signifikanzniveau für statistische Tests wurde 0.05 gewählt. Im Folgenden werden die angewandten statistischen Analysen und Verfahren näher erläutert.

#### **Grundlegende Datenanalyse und -darstellung**

Zur statistischen Analyse der Daten mittels SPSS war es notwendig, den einzelnen Variablen ein passendes Skalenniveau zuzuordnen. Die für die vorliegende wissenschaftliche Ausarbeitung und die *Smartphone Neck Studie* erhobenen Daten sind dabei sowohl der Nominal-, als auch der Ordinal- und der Intervallskala (metrische Skala) zuzuordnen (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 - Beispiele für in der *Smartphone Neck Studie* verwendete Skalenniveaus

Skalenniveau		Beispiele
<b>Kategorial</b>	Nominal	Geschlecht Smartphone-Besitz
	Ordinal	Schulklasse Alter Tägliche Smartphone-Nutzung
<b>Metrisch</b>	Intervall	NDI in Punkten Kraftwerte Haltungswerte

Quelle: Eigene Darstellung

In Abhängigkeit des vorliegenden Skalenniveaus wurden unterschiedliche statistische Maßzahlen zur deskriptiven Auswertung der erhobenen Daten sowie verschiedene graphische Ergebnisdarstellungen verwendet. Es wurden Häufigkeitsanalysen mit Erhebung von absoluten und relativen Häufigkeiten für alle kategorialen Variablen durchgeführt. Als deskriptive Schätzgrößen wurden insbesondere Mittelwerte und Standardabweichungen sowie Minimal- und Maximalwerte errechnet. Zur graphischen Darstellung wurden sowohl Kreis- als auch Balkendiagramme verwendet. Die präsentierten Analysearten dienten der Beschreibung des erhobenen Datensatzes und der Auswertung der Studie zur Charakterisierung des Probandenkollektivs.



### **Korrelationsanalyse**

Des Weiteren wurden im Zuge der Arbeit multiple Korrelationsanalysen durchgeführt. Mithilfe dieser Analyseform ist es möglich, die Stärke und die Richtung des statistischen Zusammenhangs erhobener Variablen zueinander zu erfassen (bspw. zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den erhobenen *NDI*-Punktzahlen). Da es sich bei den Korrelationen um ungerichtete Testungen handelt, ist lediglich die Messung der Stärke des linearen Zusammenhangs möglich. Eine Beurteilung darüber, welche Variable die jeweils andere bedingt, kann hingegen nicht getroffen werden<sup>83</sup>. Die Einteilung der Zusammenhänge, die in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt wird, folgt der Einteilung nach Held und ist in Tabelle 8 dargestellt<sup>84</sup>.

Tabelle 8 - Einteilung und Interpretation des Korrelationskoeffizienten *r* nach *Held*

<b>Korrelationskoeffizient (<i>r</i>)</b>	<b>Interpretation</b>
$0 \leq  r  < 0,1$	Keine Korrelation
$0,1 \leq  r  < 0,5$	Schwache Korrelation
$0,5 \leq  r  < 0,8$	Moderate Korrelation
$0,8 \leq  r  \leq 1$	Starke Korrelation

<sup>84</sup>

Zur Bestimmung der Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei ordinalskalierten Variablen wird der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman verwendet. Zur Untersuchung der Beziehung von zwei metrischen Variablen wird bei Vorliegen eines linearen Zusammenhangs der Korrelationskoeffizient nach Pearson gewählt. Bei fehlender Normalverteilung wird ebenfalls der Korrelationskoeffizient nach Spearman angewandt.

### **Multiple lineare Regression**

Mit der Durchführung einer multiplen linearen Regression wurde der Zusammenhang einer (metrischen) abhängigen Variable mit mehreren unabhängigen Variablen untersucht. Relevant ist der Einsatz dieses statistischen Verfahrens, da eine bestimmte Wirkung selten lediglich durch eine einzige unabhängige Variable erzeugt wird. Mithilfe der multiplen linearen Regression konnten in der vorliegenden Analyse somit die Auswirkungen mehrerer potenzieller Ursachen gleichzeitig berücksichtigt werden<sup>85</sup>.

## 4. Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der ersten Untersuchungsphase der *Smartphone Neck Studie* ausgewertet und zur Erstellung des Status quo der gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung, insbesondere auf den Hals- und Nackenbereich von Jugendlichen, genutzt. Dazu werden in Kapitel 4.1. die Ergebnisse des Fragebogens und der einzelnen Messinstrumente präsentiert. In Kapitel 4.2 werden die Ergebnisse zu den „Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Gesundheit und das Schmerzempfinden und weitere Einflussfaktoren“ dargelegt. Es werden sowohl in Kapitel 4.1. als auch in Kapitel 4.2 alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede der Ergebnisse hervorgehoben. Zur besseren Übersichtlichkeit werden im Ergebnis- und Diskussionsteil sämtliche Zahlen als Werte angegeben und nicht ausgeschrieben.

### 4.1 Grundlegende Ergebnisse der Studie – Erhebung des Status quo

In diesem Teil werden die grundlegenden Ergebnisse der ermittelten Messdaten aufgeführt und somit der Status quo erhoben. Bezogen auf den Fragebogen werden in Kapitel 4.1.1 die Ergebnisse in die Teilaspekte soziodemographische Angaben, Smartphone-Nutzungsverhalten, aktuelle muskuloskelettale Beschwerden und Beschwerden während der Smartphone-Nutzung aufgeteilt.

Die Daten der Messgeräte *Tergumed*<sup>®</sup>, *MediMouse*<sup>®</sup> und *Mobee*<sup>®</sup> dienen der Erhebung von Ausgangswerten der Kraft, der Haltung und der Mobilität der Wirbelsäule der Probanden und sind in Kapitel 4.1.2, 4.1.3 und 4.1.4 aufgeführt. Diese können bei der Auswertung der mit einem zwölfmonatigen Abstand durchgeführten zweiten Untersuchungsphase als Referenzwerte genutzt werden. Die Ergebnisse von *Tergumed*<sup>®</sup> und *MediMouse*<sup>®</sup> werden mit speziell für diese Geräte entwickelten, bereits existierenden Referenzwerten verglichen.

Die wesentlichen Messdaten werden exemplarisch deskriptiv in der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Weitere Ergebnisse sind in Tabellenform im Anhang aufgelistet. Angaben in Prozent werden durchgehend ohne Nachkommastelle angegeben. Für eine bessere Vergleichbarkeit mit vorherigen Arbeiten aus diesem Forschungsbereich und mit der *Follow-up-Studie* der *Smartphone Neck Studie* wurde der Mittelwert inklusive der Standardabweichung als Lagemaß gewählt.

#### 4.1.1. Fragebogen - Charakterisierung der Stichprobe

##### ***Soziodemographische Faktoren***

Die soziodemographische Charakterisierung des Probandenkollektivs der *Smartphone Neck Studie* ist in Tabelle 9 dargestellt. Dabei werden sowohl Mittelwerte als auch Häufigkeiten der einzelnen Rubriken aufgeführt und geschlechtsspezifisch sowie auf die gesamte Probandengruppe bezogen dargestellt.

Tabelle 9 - Charakterisierung des Probandenkollektivs

Variablen	Männlich	Weiblich	Gesamt
<b>Studienteilnehmende</b>	78 (56 %)	61 (44 %)	139 (100 %)
<b>Alter</b>	14,4 ± 1,5	15,1 ± 1,7	14,7 ± 1,6
<b>Alter (gruppiert)</b>			
11-Jährige	1 (1 %)	2 (3 %)	3 (2 %)
12-Jährige	4 (5 %)	1 (2 %)	5 (4 %)
13-Jährige	20 (26 %)	10 (16 %)	30 (22 %)
14-Jährige	19 (24 %)	10 (16 %)	29 (21 %)
15-Jährige	18 (23 %)	10 (16 %)	28 (20 %)
16-Jährige	7 (9 %)	13 (21 %)	20 (14 %)
17-Jährige	7 (9 %)	12 (20 %)	19 (14 %)
18-Jährige	2 (3 %)	3 (5 %)	5 (4 %)
≤ 14 Jahre	44 (56 %)	23 (38 %)	67 (48 %)
> 14 Jahre	34 (44 %)	38 (62 %)	72 (52 %)
<b>Schulform</b>			
Gymnasium	63 (81 %)	54 (89 %)	117 (84 %)
Realschule	8 (10 %)	5 (8 %)	13 (9 %)
Sonstiges	6 (8 %)	2 (3 %)	8 (6 %)
O/A	1 (1 %)	-	1 (1 %)
<b>Größe [in m]</b>	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1
<b>Gewicht [in kg]</b>	62,7 ± 13,7	56,9 ± 9,4	60,1 ± 12,3
<b>BMI [in kg/m<sup>2</sup>]</b>	20,9 ± 2,9	20,6 ± 2,7	20,7 ± 2,8

Anmerkung: Stetige Variablen werden als Mittelwert ± Standardabweichung und kategoriale Variablen als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

O/A = Ohne Angabe

Es wurden insgesamt 140 Jugendliche zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Eine Teilnehmerin wurde aufgrund bereits zuvor bestehender Beschwerden an der Wirbelsäule (Ausschlusskriterium) von der Studie ausgeschlossen. Somit haben an der ersten Untersuchungsphase der *Smartphone Neck Studie* insgesamt 139 Probanden (78 männliche (56 %) und 61 weibliche (44 %) Probanden) mit einem Alter zwischen 11 und 18 Jahren teilgenommen. Das Probandenkollektiv weist ein durchschnittliches Alter von 14,7 ± 1,6 Jahren auf. Insgesamt haben 67 (48 %) der Probanden ein Alter zwischen 11 und 14 Jahren und 72 (52 %) der Probanden zwischen 14 und 18 Jahren. Die Mehrheit der Teilnehmenden besucht ein Gymnasium (84 %). Die mittlere Körpergröße liegt bei 1,7 ± 0,1 m, das mittlere Gewicht liegt bei 60,1 ± 12,3 kg und der mittlere BMI bei 20,7 ± 2,8 kg/m<sup>2</sup>.

### Smartphone-Nutzungsverhalten

Alle 139 Studienteilnehmenden besitzen ein eigenes Smartphone (Einschlusskriterium). Die tägliche Nutzungsdauer des Smartphones ist in Tabelle 10 detailliert aufgeführt.

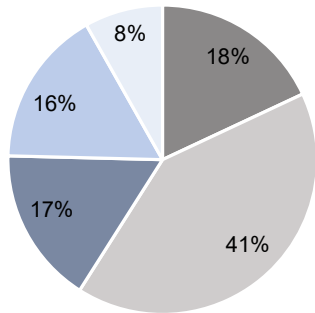
Tabelle 10 - Tägliche Smartphone-Nutzungsdauer

Variablen	Männlich	Weiblich	Gesamt
<b>Tägliche Nutzung</b>			
<1 h	3 (4 %)	0	3 (2 %)
1-2 h	22 (28 %)	11 (18 %)	33 (24 %)
2-3h	30 (39 %)	25 (41 %)	55 (40 %)
3-4 h	15 (19 %)	10 (16 %)	25 (18 %)
4-5 h	4 (5 %)	10 (16 %)	14 (11 %)
> 5 h	4 (5 %)	5 (8 %)	9 (7 %)
<b>Tägliche Nutzung [in h]</b>			
Gesamt	2,6 ± 1,1	3,1 ± 1,2	2,8 ± 1,2
≤ 14 Jahre	2,4 ± 1,2	2,8 ± 1,1	2,5 ± 1,2
> 14 Jahre	2,9 ± 1	3,2 ± 1,3	3,1 ± 1,2

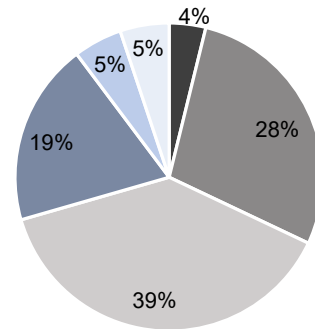
Anmerkung: Stetige Variablen werden als Mittelwert ± Standardabweichung und kategoriale Variablen als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

Der Großteil der Probanden (40 %) nutzt das Smartphone 2 bis 3 Stunden täglich. Die durchschnittliche Nutzung liegt bei 2,8 Stunden. Insgesamt geben 66 % eine tägliche Nutzungsdauer von unter 3 Stunden an. Die jüngeren Probanden (≤ 14 Jahren) haben mit durchschnittlich 2,5 Stunden eine kürzere tägliche Nutzungsdauer als die Älteren (> 14 Jahren) mit 3,1 Stunden. Weibliche Probanden zwischen 15 und 18 Jahren nutzen es mit 3,2 Stunden im Durchschnitt am längsten. Grundsätzlich liegt der zeitliche Gebrauch bei Mädchen im Mittel höher als bei den Jungen. Auch in Bezug auf die prozentuale Häufigkeit nutzen mehr weibliche (41 %) als männliche Probanden (29 %) das Handy täglich länger als 3 Stunden. Die maximal zu wählende Nutzungsdauer von über 5 Stunden geben 9 (7 %) der 139 Probanden an. Die minimal zu wählende Nutzungsdauer von unter 1 Stunde nennen 3 Probanden (2 %). In Abbildung 5 sind die prozentualen Häufigkeiten der Nutzungsdauer geschlechts- und altersspezifisch graphisch verdeutlicht.

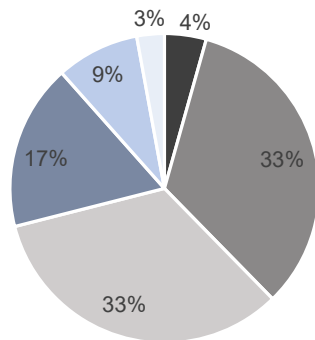
Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung  
(weibliche Probanden)



Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung  
(männliche Probanden)



Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung  
(Probandenalter ≤ 14 Jahre)



Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung  
(Probandenalter > 14 Jahre)

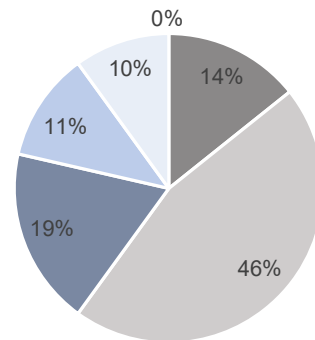


Abbildung 5 - Geschlechts- und altersspezifische Ergebnisse der täglichen Smartphone-Nutzungsdauer

Neben der Dauer der Nutzung wird in der *Smartphone Neck Studie* die Art der Nutzung des Smartphones abgefragt. Die Ergebnisse dieser Abfrage sind in Tabelle 11 dargestellt. Diese ist in die Rubriken Anwendungen, Art der Nutzung, Ort der Nutzung sowie Zollgröße gegliedert. Es werden jeweils die (prozentualen) Mittelwerte und Standardabweichungen geschlechtsspezifisch sowie auf die gesamte Probandengruppe bezogen dargestellt.

Tabelle 11 - Charakterisierung der Smartphone-Nutzung der Probanden

<b>Variablen</b>	<b>Männlich</b>	<b>Weiblich</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Anwendungen [in %]</b>			
Telefonieren	8,5 ± 8,1	9,3 ± 8,7	8,9 ± 8,3
Internet	28,5 ± 19,9	26,8 ± 18,6	27,8 ± 19,3
Spiele	16,3 ± 13	6,6 ± 10,6	12 ± 12,9
Chatten/SMS	28,6 ± 18,4	35,1 ± 17,4	31,5 ± 18,2
E-Mails	3,2 ± 3,8	3,1 ± 4,2	3,1 ± 3,9
Fotos	7,6 ± 9,3	9,6 ± 6,5	8,5 ± 8,3
Sonstiges	7,4 ± 16,6	9,3 ± 17,2	8,2 ± 16,8
<b>Art der Nutzung [in %]</b>			
Einhändig	47,6 ± 24	52,1 ± 28	49,6 ± 25,8
Im Sitzen	32,5 ± 19,8	33,2 ± 17,2	32,8 ± 18,7
Im Liegen	45,4 ± 22,4	43,3 ± 21,5	44,5 ± 21,9
Gehend	8,3 ± 6,7	9,4 ± 6,5	8,8 ± 6,6
Stehend	13,2 ± 13,6	14 ± 12	13,5 ± 12,9
Andere	0,7 ± 4,8	0,4 ± 2,6	0,6 ± 4
<b>Ort der Nutzung [in %]</b>			
Schule	7,3 ± 9	9,5 ± 9,8	8,3 ± 9,4
Zuhause	63,7 ± 20,2	66,2 ± 17,4	64,8 ± 19,02
Unterwegs	23,5 ± 3,8	22,3 ± 13,8	23 ± 13,7
Andere	3,7 ± 7,5	1,6 ± 4,9	2,8 ± 6,5
<b>Zollgröße [in Zoll]</b>			
Gesamt	4,8 ± 0,5	4,6 ± 0,5	4,7 ± 0,5
<b>Nutzung weiterer elektronischer Endgeräte</b>			
Tablet	44 (56 %)	35 (57 %)	79 (57 %)
Computer	66 (85 %)	56 (92 %)	122 (88 %)
Spielkonsole	51 (65 %)	21 (34 %)	72 (52 %)
Andere	13 (17 %)	10 (16 %)	23 (17 %)

Anmerkung: Stetige Variablen werden als Mittelwert ± Standardabweichung und kategoriale Variablen als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

Am häufigsten nutzen die Probanden das Smartphone zum Austausch von Textnachrichten (im Mittel zu 32 % der gesamten Nutzungszeit). Darauf folgt die Nutzung des Internets (zu 28 %) und die Nutzung zur Durchführung von Handyspielen (zu 12 %). Die Jugendlichen telefonieren lediglich zu 9 % der Nutzungszeit. Das Smartphone wird im Mittel nahezu gleich lang ein- und beidhändig bedient. Eine liegende Position wird bei der Nutzung anteilig am häufigsten eingenommen (44 %). Die sitzende Position am zweithäufigsten mit 33 %.

Während des Gehens wird das Smartphone nur selten genutzt (im Mittel zu 9 %). Zu 65 % wird es im häuslichen Umfeld verwendet. Die durchschnittliche Zollgröße der von den Probanden verwendeten Handys beträgt 4,7 Zoll. Neben dem Smartphone nutzen 88 % der Probanden einen Computer, 57 % ein Tablet und 52 % eine Spielkonsole.

### **Aktuelle muskuloskeletale Beschwerden**

Der in den Fragebogen integrierte *NDI* wurde bei allen 139 Probanden erfasst und berechnet. Die prozentualen Häufigkeiten der erreichten Punktzahlen ( $\leq 4$  /  $> 4$  Punkte) unter Einbeziehung des gesamten Probandenkollektivs werden in Abbildung 6 graphisch dargestellt.

Bei 65 % der Probanden liegen auf Basis des *NDI* keine Beschwerden im Nackenbereich vor. Die restlichen 35 % haben hingegen einen Punktwert von über 4 Punkten erreicht und weisen somit leichte klinisch relevante Beeinträchtigungen im Bereich der HWS und des Nackens auf.

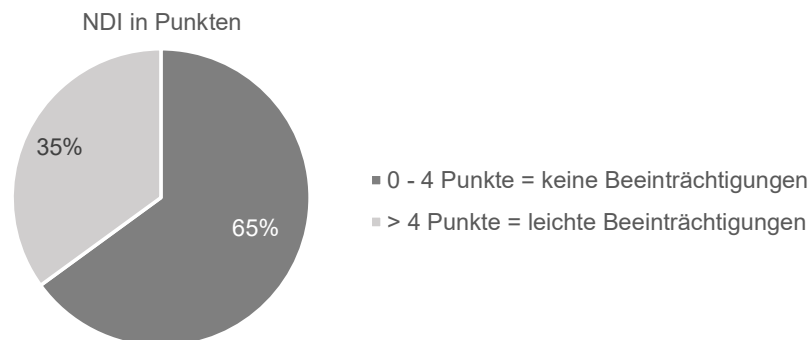


Abbildung 6 - Verteilung der Punktzahlen des *Neck Disability Index (NDI)*

In Tabelle 12 wird die Verteilung der Punktzahlen des *NDI* des gesamten Probandenkollektivs sowie nach Geschlecht und Alter ( $\leq 14$ /  $>14$  Jahre) differenziert dargestellt. Die 11- bis 14-Jährigen (31 %) erzielen seltener einen *NDI*-Score über 4 Punkten als die 15- bis 18-Jährigen (39 %). Die geschlechtsspezifische Betrachtung weist bei weiblichen Probanden (46 %) häufiger höhere *NDI*-Punktzahlen auf als bei den männlichen (27 %). Der maximal erreichte Punktwert liegt bei 14 Punkten.

Tabelle 12 - Verteilung der Punktzahlen des *Neck Disability Index*

NDI-Punktzahl	Männlich	Weiblich	$\leq 14$ Jahre	$> 14$ Jahre	Gesamt
$\leq 4$ Punkten	57 (73 %)	33 (54 %)	46 (69 %)	44 (61 %)	90 (65 %)
$> 4$ Punkten	21 (27 %)	28 (46 %)	21 (31 %)	28 (39 %)	49 (35 %)
Maximalpunktzahl	12 Punkte	14 Punkte	14 Punkte	11 Punkte	14 Punkte

Anmerkung: Die kategorialen Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben werden mithilfe des *NDI* unterschiedliche Bereiche zur Ermittlung der Schmerzpunktzahl abgefragt. Die Punkteverteilung der einzelnen Themenbereiche mit absoluten und relativen Häufigkeiten wird in Tabelle 13 dargestellt. Zu beachten ist dabei, dass eine höhere Punktzahl stärkere Beschwerden impliziert.

Tabelle 13 - Verteilung der Punktzahlen der einzelnen *NDI*-Themenbereiche

<i>NDI</i> - Themenbereiche	Punktzahl					
	0	1	2	3	4	5
Schmerzintensität	77 (55 %)	43 (31 %)	17 (12 %)	2 (1 %)	-	-
Körperpflege	136 (98 %)	2 (1 %)	1 (1 %)	-	-	-
Heben	122 (88 %)	17 (12 %)	-	-	-	-
Lesen	59 (42 %)	65 (47 %)	15 (11 %)	-	-	-
Kopfschmerzen	51 (37 %)	51 (37 %)	28 (20 %)	7 (5 %)	1 (1 %)	1 (1 %)
Konzentration	79 (57 %)	53 (38 %)	6 (4 %)	-	1 (1 %)	-
Arbeit/ körperliche Tätigkeit	125 (90 %)	13 (9 %)	1 (1 %)	-	-	-
Geradeaus schauen	119 (86 %)	17 (12 %)	3 (2 %)	-	-	-
Schlafen	78 (56 %)	46 (33 %)	12 (9 %)	3 (2 %)	-	-
Freizeitaktivität	124 (90 %)	15 (11 %)	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>970 (70 %)</b>	<b>322 (23 %)</b>	<b>83 (6 %)</b>	<b>12 (&lt; 1 %)</b>	<b>2 (&lt; 1 %)</b>	<b>1 (&lt; 1 %)</b>

Anmerkung: Die Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

Bei detaillierter Betrachtung der *NDI*-Ergebnisse gibt bei dem Aspekt „Schmerzintensität“ die Mehrheit der Probanden (55 %) keine Schmerzen an. Geringe Schmerzen nennen 31 %, mäßige Schmerzen 12 % und ziemlich starke Schmerzen 1 %.

Die „persönliche Körperpflege“ können 98 % der Studienteilnehmenden ohne Schmerzen durchführen (mit Schmerzen 1 % und bei weiteren 1 % kann die Körperpflege wegen Schmerzen nur langsam und vorsichtig durchgeführt werden). Beim „Heben“ von schweren Gegenständen haben 88 % keinerlei Schmerzen. Die restlichen 12 % der Probanden geben an, dass das Heben von schweren Gegenständen nur unter Schmerzen möglich ist. Keiner der Probanden gibt an, dass ihn diese Schmerzen daran hindern diese Gegenstände grundsätzlich zu heben.

„Lesen“ ist bei 42 % der Probanden möglich, ohne dass Nackenschmerzen resultieren. 47 % berichten von leichten Schmerzen während längeren Lesephasen und 11 % von mäßigen Schmerzen. Bezugnehmend auf das Auftreten von „Kopfschmerzen“ geben 37 % der Probanden an, dass sie überhaupt keine Kopfschmerzen haben. Ebenfalls 37 % berichten von leichten, unregelmäßig auftretenden Kopfschmerzen. Eine mäßige Kopfschmerzintensität in unregelmäßigen Abständen wird von 20 % angegeben. Regelmäßig auftretende Kopfschmerzen haben 5 % mit mäßiger und 1 % mit starker Intensität.

Bei der Abfrage „Konzentration“ nennen 57 % keine Schwierigkeiten und 38 % leichte Konzentrationsschwierigkeiten (4 % erhöhte und 1 % sehr große Konzentrationsschwierigkeiten). Es können 90 % unbegrenzt jegliche Arbeit ohne Einschränkung verrichten, 9 % nur die übliche Arbeit ohne Beschwerden und 1 % nur den größten Teil der üblichen Arbeit. „Längeres Geradeausschauen“ führt bei 86 % nicht zu Nackenschmerzen. Es berichten



12 % von leichten auftretenden Nackenschmerzen im Verlauf und 2 % von mäßigen Nackenschmerzen. Mit 56 % gibt die Mehrheit der Probanden keine „Schlafprobleme“ an. Von einem kaum gestörten Schlaf (< 1 Stunde schlaflos) berichten 33 % (leicht gestörter Schlaf mit einer Schlafdauer von 1 bis 2 Stunden 9 % und mäßig gestörter Schlaf mit 2 bis 3 Stunden 2 %). Von einem stark (3 bis 5 Stunden schlaflos) oder komplett (5 bis 7 Stunden schlaflos) gestörten Schlaf berichtet keiner der Probanden.

Sämtliche Freizeitaktivitäten können von 89 % ohne Nackenschmerzen ausgeübt werden. Die restlichen 11 % geben an, dass sie alle Freizeitaktivitäten ausführen können, dabei jedoch unter Nackenschmerzen leiden.

Im Abschnitt des Fragebogens „aktuelle muskuloskelettale Beschwerden“ wurden weiter die Schlafdauer pro Nacht und die wöchentliche sportliche Aktivität erhoben. Der größte Teil der Probanden (35 %) schläft pro Nacht zwischen 7 und 8 Stunden. Weniger als 6 Stunden schlafen nur 5 % der Befragten.

Wöchentlich treiben 77 % länger als 3 Stunden Sport. Insgesamt sind es 37 % der Probanden, die mehr als 6 Stunden pro Woche sportlich aktiv sind. Von den Studienteilnehmenden geben 42 % eine zusätzliche Belastung ihrer HWS durch verschiedene Freizeitaktivitäten wie bspw. Hockey spielen, turnen, das Spielen eines Musikinstruments oder Fußball spielen an.

### ***Beschwerden während und nach längerer Smartphone-Nutzung***

Während der eigentlichen Benutzung des Smartphones geben 6 % der Probanden körperliche Beschwerden an. Im Anschluss an längere Smartphone-Nutzung treten am häufigsten Nackenschmerzen auf (bei 66 % der Probanden). Daraufgehend werden Kopfschmerzen (53 %) und Schmerzen an den Augen (50 %) genannt. Es nennen 30 % der Probanden Beschwerden am Handgelenk und 29 % an den einzelnen Fingern.

Ungefähr 58 % der Probanden (hier ausgehend von 127) nehmen an, dass die Handynutzung einen negativen Einfluss auf ihre Gesundheit hat. Es sind mehr weibliche Probanden (63 %) als männliche (54 %), die diesen Einfluss vermuten. Außerdem halten vermehrt die 15- bis 18-Jährigen (66 %) Auswirkungen für wahrscheinlich. Bei den 11- bis 14-Jährigen vermuten 51 % einen negativen Einfluss.

In Abbildung 7 werden die von den Probanden genannten potenziellen langfristigen Folgen der Smartphone-Nutzung auf die Gesundheit mit Angabe der relativen Häufigkeiten dargestellt. Zu beachten ist hierbei, dass Mehrfachnennungen möglich waren. Die meisten der Probanden nennen als potenzielle Folgen der exzessiven Smartphone-Nutzung Wirbelsäulen- und Nackenprobleme (47 %). Die zweithäufigste Folge ist Unkonzentriertheit mit 16 % gefolgt von Augenproblemen mit 14 %.

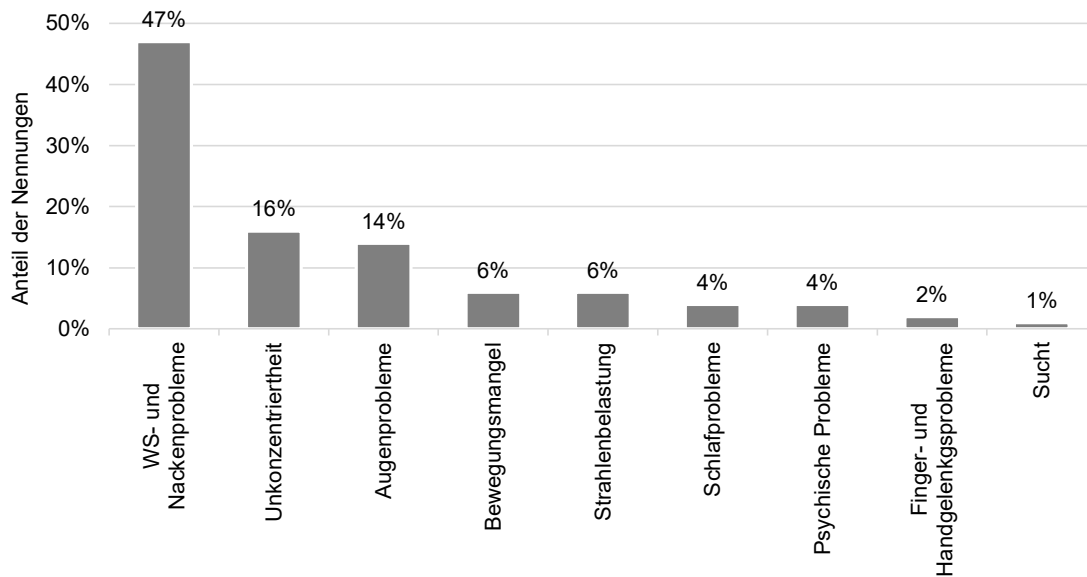


Abbildung 7 - Genannte potenzielle Folgen der Smartphone-Nutzung auf die Gesundheit

#### 4.1.2. *Tergumed*<sup>®</sup> - Untersuchung der Messergebnisse

Das *Tergumed*<sup>®</sup>-Messgerät wurde zur Erfassung der Muskelkraftwerte der LWS/BWS bei Flexion, Extension und Rotation nach rechts und links sowie der HWS bei Flexion, Extension und Lateralflexion nach rechts und links verwendet. In Tabelle 14 sind die erhobenen Messdaten mit Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichungen aufgeführt.

Tabelle 14 - Messergebnisse Muskelkraftwerte *Tergumed*<sup>®</sup>

Messbereiche	Muskelkraftwerte [in N]			
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
HWS Flexion	12,6	231,5	99,1	41
HWS Extension	10,7	363,3	167,3	50,6
HWS lateral Flexion links	10,6	307,8	122,1	48,6
HWS lateral Flexion rechts	3,6	316,1	132,9	50,6
LWS/BWS Flexion	102,0	748,3	401,8	122,4
LWS/BWS Extension	102,9	1158,9	492,6	177,7
LWS/BWS Rotation links	167,0	1397,2	598,4	230,6
LWS/BWS Rotation rechts	183,0	1307,0	557,2	230,4

n = 139, N = Newton

Exemplarisch werden die HWS Muskelkraftwerte der Flexion vorgestellt. Im Mittel erreichen die Probanden bei der Flexion der HWS einen Muskelkraftwert von 99,1 Newton (N). Der minimal erreichte Wert der Probanden liegt bei 12,6 N und der maximale Probandenwert bei 231,5 N. Die Standardabweichung beträgt in diesem Fall 41 N.

Sowohl bei den Muskelkraftwerten der HWS als auch der LWS/BWS zeigen sich im Mittel höhere Messergebnisse bei der Durchführung der Extension (HWS: 167,3 N; LWS/BWS: 492,6 N) als bei der Flexion (HWS: 99,1 N; LWS/BWS: 401,8 N). Bei der Rotation der

LWS/BWS nach links werden im Durchschnitt die höchsten Muskelkraftwerte erreicht. Es zeigen sich bei den seitlichen Bewegungsrichtungen Differenzen der Muskelkraftwerte bei der Durchführung der Bewegung nach rechts oder nach links. Der durchschnittliche Muskelkraftwert bei der Lateralflexion der HWS nach links weist bspw. mit 122,1 N um circa 10 N geringere Werte auf als bei der Lateralflexion nach rechts (132,9 N).

Im Anhang 7.4 sind die Messergebnisse aufgetrennt nach Geschlecht sowie Alter ( $\leq 14$  /  $> 14$  Jahre) aufgeführt. Die durchschnittlichen Muskelkraftwerte der weiblichen Probanden sind geringer als die der männlichen (bspw. HWS Muskelkraftwert Flexion: männlich = 112,8 N/ weiblich = 81,7 N). Die 15- bis 18-Jährigen zeigen im Mittel höhere Kraftwerte als die 11- bis 14-Jährigen (bspw. HWS Muskelkraftwert Flexion im Mittel: 11- bis 14-Jährige = 88,9 N/ 15- bis 18-Jährige = 108,7 N).

Bei der Betrachtung der erhobenen HWS-Muskelkraftverhältnisse zeigen sich im Vergleich zu den von *Tergumed*<sup>®</sup> verwendeten Referenzwerten veränderte Verhältnisse. Die Mittelwerte samt Standardabweichung, die Maxima und Minima der im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* gemessenen Muskelkraftverhältnisse und die dazugehörigen Referenzwerte sind in Tabelle 15 aufgeführt. Zum einen wird eine in Bezug zur Muskelkraft bei Extension stehende stärkere Abnahme der Muskelkraft bei Flexion deutlich (vgl. Mittelwert Flexion zu Extension Referenz: 0,8 und Mittelwert Flexion zu Extension Messergebnis: 0,6). Zum anderen wird eine im Bezug zur Lateralflexion nach links leicht stärkere Abnahme der Lateralflexion nach rechts deutlich (vgl. Mittelwert lateral Flexion nach rechts zu nach links Referenz: 1 und lateral Flexion nach rechts zu nach links Messergebnis: 0,96).

Tabelle 15 - *Tergumed*<sup>®</sup>-Muskelkraftverhältnisse der HWS

Messbereiche	HWS Muskelkraftverhältnisse			
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion/Extension Referenz	0,56	1,54	0,81	0,28
Flexion/Extension Messergebnis	0,12	1,17	0,59	0,17
lateral Flexion rechts/links Referenz	1	1	1	0
lateral Flexion rechts/links Messergebnis	0,18	3,33	0,96	0,31

n = 139; Anmerkung: Für eine bessere Aussagekraft werden die Messwerte auf zwei Nachkommastellen genau angegeben

Diese Ergebnisse sind in der folgenden vergleichenden Betrachtung der erhobenen Muskelkraftwerte mit den Muskelkraft-Referenzwerten wiederzufinden. Bei einem Vergleich der Muskelkraftwerte der HWS zeigen die Probanden stets schwächere Kraftergebnisse (Flexion: 92 %, Extension: 84 %, Lateralflexion nach links: 84 %, Lateralflexion nach rechts: 73 %).

Bei dem Vergleich der erhobenen Messergebnisse im Bereich der LWS/BWS erreichen bei der Flexion der LWS/BWS 50 % der Probanden Werte oberhalb des Durchschnitts der

Referenzwerte (Extension: 4 %). Weitere Schwächen sind bei der Rotation nach rechts mit 58 % der Werte unter dem Durchschnitt zu identifizieren. Bei der Rotation nach links übersteigen hingegen mehr Muskelkraftwerte (54 %) den Durchschnitt.

In Abbildung 8 ist der Vergleich der erhobenen Werte mit den im *Tergumed*<sup>®</sup>-System hinterlegten Messwerten dargestellt. Es wird untersucht, wie viele der vier gemessenen Kraftwerte (Extension, Flexion, Rotation nach rechts, Rotation nach links) der Probanden sowohl im Bereich der HWS als auch im Bereich der LWS/BWS unter den entsprechenden Referenzwerten liegen. Eine Einsortierung zu 4/4 bspw. bedeutet, dass die Messwerte eines Probanden sämtlich unterhalb der durchschnittlichen Referenzwerte liegen.

Generell liegt bei allen Probanden mindestens ein Muskelkraftwert der HWS unterhalb der Referenzwerte (daher 0 % der Probanden bei 0/4 HWS). Bei der LWS/BWS sind es 98 % der Probanden mit mindestens einem Muskelkraftwert unterhalb (2 % der Probanden bei 0/4 LWS/BWS). Alle vier gemessenen Muskelkraftwerte liegen bei 62 % der Probanden in Bezug auf die HWS und bei 22 % bezogen auf die LWS/BWS unterhalb der Referenzwerte.

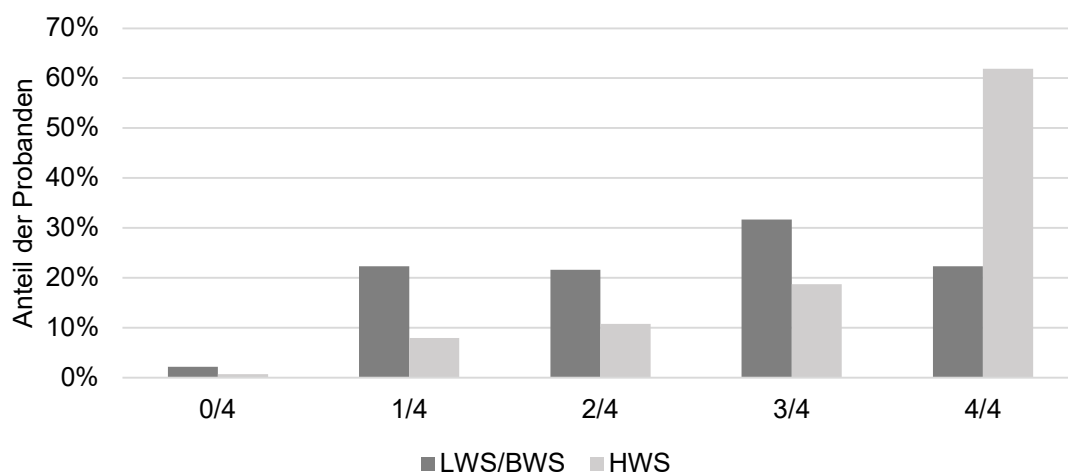


Abbildung 8 - *Tergumed*<sup>®</sup> Referenzwertvergleiche HWS und LWS/BWS

Anmerkung: 0/4 = keiner der 4 Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte; 1/4 = einer der 4 Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte; 2/4 = zwei der 4 Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte; 3/4 = drei der 4 Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte; 4/4 = alle 4 Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte

Bei der geschlechtsspezifischen Betrachtung wird deutlich, dass sowohl bei den Kraftwerten der HWS als auch bei denen der LWS/BWS, die Mehrheit der männlichen Probanden im Vergleich zu den Referenzwerten geringere Ergebnisse aufweist. Die weiblichen Probanden erzielen in der LWS/BWS bei der Flexion (56 %), bei der Rotation nach links (67 %) und bei der Rotation nach rechts (56 %) im Vergleich zu den Referenzwerten höhere Werte.

In Abbildung 9 ist der geschlechtsspezifische Vergleich der erhobenen Muskelkraftwerte der einzelnen Bewegungsrichtungen der HWS mit den Referenz-Muskelkraftwerten dargestellt. Die Messdaten der HWS sind bei den weiblichen und bei den männlichen Probanden in großen Teilen geringer ( $\leq 100$  %) als die der Referenzwerte.

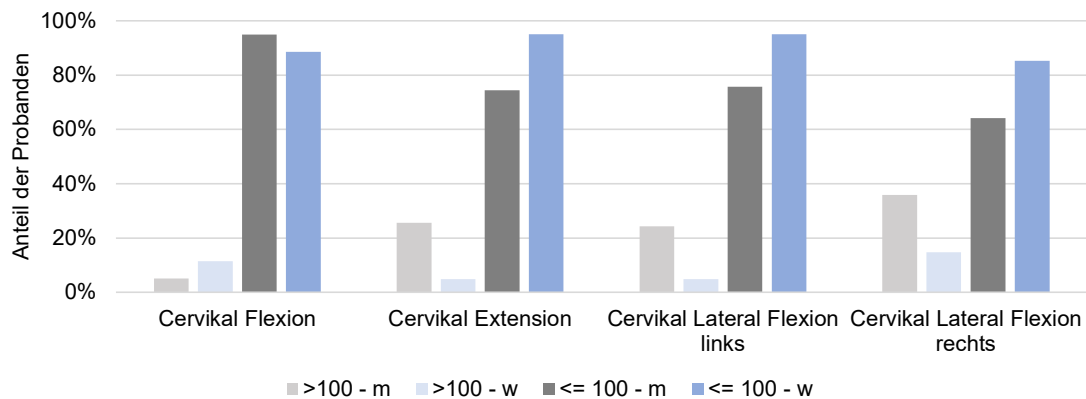


Abbildung 9 - Vergleich der geschlechtsspezifischen Muskelkraftwerte der HWS mit den Referenz-Muskelkraftwerten

Anmerkung: > 100 = Messergebnisse oberhalb der Referenzwerte, < 100 = Messergebnisse unterhalb der Referenzwerte; m = männlich, w = weiblich

Bei der Unterteilung des Alters in jünger als 14 Jahre und in älter als 14 Jahre erreichen die Probanden älter als 14 Jahre bei den LWS/BWS-Werten der Flexion (53 %) sowie der Rotation nach links und rechts (67 %/ 60 %) im Durchschnitt höhere Werte als die Referenzwerte.

In Abbildung 10 ist der altersspezifische Vergleich der HWS-Muskelkraftwerte dargestellt. Im Bereich der HWS liegen bei den meisten durchgeführten Messungen jeder Bewegungsrichtung die Messergebnisse der 11- bis 14-Jährigen unterhalb der Referenzwerte. Bei den 15- bis 19-Jährigen liegen sowohl bei den LWS/BWS- als auch bei den HWS-Messergebnissen die meisten Werte darunter.

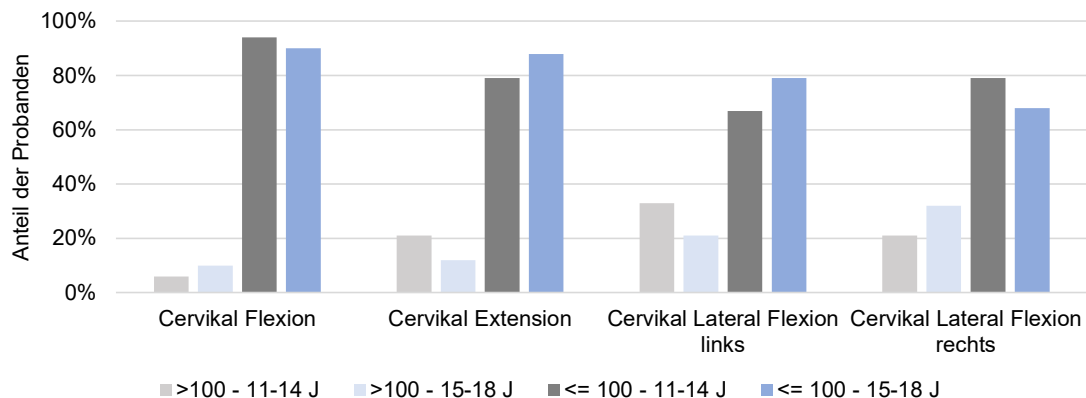


Abbildung 10 - Vergleich der altersspezifischen Muskelkraftwerte der HWS mit den Referenz-Muskelkraftwerten

Anmerkung: > 100 = Messergebnisse oberhalb der Referenzwerte, < 100 = Messergebnisse unterhalb der Referenzwerte; J = Jahre

#### 4.1.3. MediMouse® - Untersuchung der Messergebnisse

Das Messgerät *MediMouse*® wurde zur Beurteilung der Oberkörperhaltung der Probanden verwendet. Dazu wurden unter anderem die segmentalen Winkelgrade in regionale Abschnitte (BWS, LWS und Sakrum) zusammengefasst. Die segmentalen Winkelgrade wurden zwischen

zwei benachbarten Wirbeln in drei verschiedenen Rückenpositionen (aufrecht, flektiert und während der Durchführung des Matthiass-Tests (siehe Kapitel 3.2.3)) gemessen. Zusätzlich wurden die Inklination und die Länge der Wirbelsäule während der einzelnen Körperhaltungen erfasst. Die ebenfalls mit der *MediMouse*<sup>®</sup> durchgeführte Bewegungsanalyse dient der Erstellung des *Spine Check Scores*. Aufgrund technischer Probleme an einem Untersuchungstag wurden die Testungen mit der *MediMouse*<sup>®</sup> lediglich an 135 der 139 Probanden vorgenommen.

Zur Veranschaulichung des Status quo der Probandengruppe werden die Mittelwerte (inklusive Standardabweichung), Maxima und Minima der Messergebnisse der Haltungsanalyse erhoben. Basierend auf den Grundeinstellungen der *MediMouse*<sup>®</sup> symbolisieren positive Messwerte im Bereich der regionalen Winkel BWS, LWS und Sakrum eine Kyphosierung (bzw. Flexionsbewegung) und negative Werte eine Lordosierung (bzw. Extensionsbewegung). Bei der Messung der Werte in flektierter Haltung werden ausschließlich positive Werte erwartet (kyphosiert). In Tabelle 16 sind exemplarisch die Daten der regionalen Winkel während der aufrechten Haltung aufgeführt.

Tabelle 16 - Messergebnisse *MediMouse*<sup>®</sup> bei aufrechter Haltung

Messbereiche	Haltungsanalyse			
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
aufrecht BWS [in °]	12	64	38,4	9,2
aufrecht LWS [in °]	-51	15	-20,5	12,6
aufrecht Sakrum [in °]	-25	34	7,3	10,3
aufrecht Inklination [in °]	-7	6	-0,2	2,9
aufrecht Wirbelsäule-Länge [in cm]	334	554	448,3	45,4

n = 135

Im Folgenden werden die Ergebnisse der BWS- und LWS-Haltungsanalyse in aufrechter Position vorgestellt. Die aufrechten BWS-Werte liegen im Mittel bei 38,4° ( $\pm 9,2^\circ$ ), also in dem Bereich einer Kyphose-Haltung. Sowohl der Maximal- (64°) als auch der Minimalwert (12°) sind ebenfalls positiv (jeweils Kyphose der BWS). Bei den LWS-Werten liegt ein Mittelwert von -20,5° ( $\pm 12,6^\circ$ ) vor, was eine Lordose impliziert. Der minimale LWS-Wert erreicht -51° (hierbei ist zu beachten, dass eine aufgrund des negativen Vorzeichens geringere Zahl eine stärkere Lordose beschreibt). Im Anhang 7.5 sind zusätzlich die regionalen Winkel bei Flexion und bei Durchführung des Matthiass-Tests tabellarisch aufgeführt.

In Tabelle 17 sind die Häufigkeiten für das Auftreten von Hyperkyphose und Hypokyphose bei den Probanden im Bereich der BWS für die aufrechte Haltung und während der Durchführung des Matthiass-Tests aufgeführt.

Tabelle 17 - BWS-Haltungsanalyse: Auftreten von Hyperkyphose und Hypokyphose

Aufretenserscheinung	Haltungsanalyse BWS	
	Aufrecht	Matthiass Test
Hyperkyphose	5 (4 %)	11 (8 %)
Hypokyphose	12 (9 %)	3 (2 %)

Anmerkung: Die Variablen werden als absolute und relative Häufigkeiten (%) angegeben

Bei der vergleichenden Betrachtung der BWS-Haltungswerte wird ersichtlich, dass bei einer aufrechten Körperposition 4 % der Probanden eine Hyperkyphose und 9 % eine Hypokyphose aufweisen. Im aufrechten Stand mit gleichzeitiger Durchführung des Matthiass-Tests variieren diese Werte. Die Anzahl der Probanden mit einer Hyperkyphose steigt auf 8 %, die Anzahl mit einer Hypokyphose sinkt auf 2 %. Bei der Flexion weichen 11 % nach oben vom Referenzbereich ab sowie 2 % nach unten.

Des Weiteren wurde unter Berücksichtigung der jeweiligen Referenzwerte für 134 der 139 Probanden der in Kapitel 3.2.3 vorgestellte *Spine Check Score* ermittelt. Der zu erreichende optimale Wert beträgt 100 %. In Tabelle 18 sind die durchschnittlich erreichten Prozentzahlen der Probanden der *Smartphone Neck Studie* des *Spine Check Scores* aufgeführt.

Tabelle 18 - Messergebnisse *Spine Check Score*

<i>Spine Check Score</i> Kategorien	Messergebnisse [in %]			
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung
Haltung	6	82	44	19
Beweglichkeit	14	94	42	18
Haltungskompetenz	0	78	29	17
<b>Gesamtbewertung</b>	<b>14</b>	<b>70</b>	<b>36</b>	<b>11</b>

n = 134

Im Mittel liegen die Ergebnisse der Probanden in der Gesamtbewertung bei 36 % ( $\pm 11$  %). Das erreichte Minimum liegt bei 14 % und Maximum bei 70 %. In der Rubrik „Haltung“ liegt der Mittelwert bei 44 % ( $\pm 19$  %), der Minimalwert bei 6 % und der Maximalwert bei 82 %.

Die Ergebnisse zur „Beweglichkeit“ weisen einen durchschnittlichen Wert von 42 % ( $\pm 18$  %) auf (Minimum: 14 %/ Maximum 94 %). Der Mittelwert der „Haltungskompetenz“ ist mit 29 % ( $\pm 17$  %) am geringsten (Minimum 0 %/ Maximum: 78 %). Die alters- und geschlechtsspezifischen Mittelwerte und Standardabweichungen des *Spine Check Scores* sind in Tabelle 19 aufgeführt. Die vollständigen Ergebnisse des *Spine Check Scores* in denen zusätzlich die Maxima und Minima angegeben sind, werden im Anhang 7.5 aufgeführt.

Tabelle 19 - Geschlechts- und altersspezifische Ergebnisse des *Spine Check Scores*

<b>Spine Check Score Kategorien</b>	<b>Messergebnisse [in %]</b>			
	<b>Männlich</b>	<b>Weiblich</b>	<b>≤ 14 Jahre</b>	<b>&gt; 14 Jahre</b>
Haltung	45 ± 20	43 ± 17	48 ± 19	41 ± 17
Beweglichkeit	43 ± 18	40 ± 17	45 ± 19	39 ± 16
Haltungskompetenz	28 ± 17	29 ± 16	27 ± 16	30 ± 18
<b>Gesamtbewertung</b>	<b>37 ± 12</b>	<b>36 ± 10</b>	<b>38 ± 12</b>	<b>35 ± 11</b>

Anmerkung: Die Variablen werden als Mittelwert (± Standardabweichung) angegeben

Bei der geschlechtsspezifischen Betrachtung weisen die weiblichen Probanden ausschließlich in der Rubrik „Haltungskompetenz“ minimal höhere Werte auf als die männlichen. Bei der Gesamtbewertung des *Spine Check Scores* erreichen die Jungen einen Mittelwert von 37 % ± 12 % und die Mädchen von 36 % ± 10 %. Bei dem Vergleich des *Spine Check Scores* in den beiden Altersklassen (11 bis 14 Jahre und 15 bis 18 Jahre) wird ersichtlich, dass die jüngeren Probanden im Mittel, ebenfalls außer bei der „Haltungskompetenz“, höhere Werte erreicht haben (Gesamtbewertung ≤ 14 Jahre: 38 % ± 12 %; Gesamtbewertung > 14 Jahre: 35 % ± 12 %).

#### **4.1.4. Mobe<sup>®</sup> - Untersuchung der Messergebnisse**

Das *Mobe<sup>®</sup>*-Messgerät diente der Erhebung der Bewegungsausmaße der HWS bei Extension und Flexion, bei Lateralflexion nach rechts und links und bei Rotation nach rechts und links. Die Bewegungsausmaße wurden in Grad gemessen. Aufgeführt sind für jede Bewegung jeweils die Bewegungsausmaße der einzelnen Richtungen und das dazugehörige Gesamtbewegungsmaß.

Die erhobenen Werte werden im Folgenden in Tabelle 20 durch die Mittelwerte inklusive der Standardabweichungen, Maxima und Minima dargestellt.



Tabelle 20 - Messergebnisse *Mobee*<sup>®</sup>

Messbereiche	Messergebnisse [in °]			
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Extension	42	125	77,3	15,0
Flexion	32	94	63,0	11,1
<b>Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension</b>	<b>88</b>	<b>196</b>	<b>140,3</b>	<b>19,5</b>
links Lateralflexion	32	103	53,9	10,0
rechts Lateralflexion	34	92	51,5	9,4
<b>Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion</b>	<b>71</b>	<b>195</b>	<b>105,4</b>	<b>17,6</b>
links Rotation	53	115	82,2	11,4
rechts Rotation	45	109	79,8	11,0
<b>Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation</b>	<b>105</b>	<b>209</b>	<b>162,1</b>	<b>19,4</b>

n = 139

Bei der Betrachtung der Flexions-Extensions-Bewegung zeigt die Extension im Mittel einen Wert von 77,3° (Standardabweichung: 15°) und die Flexion einen Wert von durchschnittlich 63° (Standardabweichung: 11,1°). Somit weist die Extension einen größeren Bewegungsumfang als die Flexion auf. Das Maximum der Flexion (94°) ist ebenfalls geringer als das der Extension (125°), ebenso die Minima (Flexion: 32° und Extension: 42°). Sowohl bei der Lateralflexion als auch bei der Rotation sind die Bewegungsausmaße in rechter oder linker Bewegungsrichtung im Mittel nahezu identisch. Das größte Gesamtbewegungsausmaß weist die Rotation nach rechts und links auf.

Eine detaillierte Übersicht der geschlechts- und altersspezifischen Mittelwerte (inklusive Standardabweichungen) der einzelnen Bewegungsausmaße ist in Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21 - Geschlechts- und altersspezifische *Mobee*<sup>®</sup>-Messergebnisse

Bewegungsrichtung	Bewegungsausmaße [in °]			
	Männlich	Weiblich	≤ 14 Jahre	> 14 Jahre
Flexion	64,5 ± 10,2	61,1 ± 11,9	63,6 ± 10,8	62,5 ± 11,4
Extension	76,9 ± 15,9	77,8 ± 13,9	79,4 ± 14,9	75,4 ± 15,0
<b>Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension</b>	<b>141,4 ± 19,7</b>	<b>138,9 ± 19,3</b>	<b>142,9 ± 17,4</b>	<b>137,9 ± 21,1</b>
links Lateralflexion	52,9 ± 11,1	55,2 ± 8,3	52,5 ± 9,6	55,3 ± 10,3
rechts Lateralflexion	51,7 ± 10,2	51,2 ± 8,3	51 ± 9,2	51,9 ± 9,6
<b>Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion</b>	<b>104,6 ± 19,5</b>	<b>106,4 ± 15,0</b>	<b>103,5 ± 16,8</b>	<b>107,2 ± 18,4</b>
links Rotation	83,1 ± 12,8	81,1 ± 9,2	82,0 ± 11,0	82,5 ± 11,7
rechts Rotation	80,0 ± 10,9	79,6 ± 11,2	81,9 ± 10,8	78,0 ± 10,9
<b>Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation</b>	<b>163,1 ± 20,5</b>	<b>160,7 ± 17,9</b>	<b>163,8 ± 18,9</b>	<b>160,4 ± 19,8</b>

Anmerkung: Die Variablen werden als Mittelwert (± Standardabweichung) angegeben

Bei der geschlechtsspezifischen Betrachtung der *Mobee*<sup>®</sup>-Messergebnisse werden keine bedeutsamen Unterschiede deutlich. Abhängig von der gemessenen Bewegungsrichtung weisen die Mädchen oder die Jungen durchschnittlich leicht größere Bewegungsausmaße auf.

Bei der Extension und der Lateralflexion nach links weisen die weiblichen Probanden durchschnittlich größere Bewegungsausmaße auf (Extension weiblich/männlich:  $77,8^\circ \pm 13,9^\circ / 76,9^\circ \pm 15,9^\circ$ ; Lateralflexion nach links weiblich/männlich:  $55,2^\circ \pm 8,3^\circ / 52,9^\circ \pm 11,1^\circ$ ). Bei den restlichen Bewegungsrichtungen sowie bei den Ergebnissen der Gesamtbewegungsausmaße weisen die männlichen Probanden im Mittel höhere Werte auf. Im Anhang 7.6 sind zusätzlich die Maxima und Minima der geschlechts- und altersspezifischen Differenzierung der Bewegungsausmaße in Tabellenform aufgeführt.

Bei der altersspezifischen Betrachtung ( $\leq 14$  Jahre und  $> 14$ ) wurden ebenfalls keine erheblichen Unterschiede deutlich. Die jüngeren Probanden erreichen bei der Extension und der Flexion sowie bei der Rotation nach rechts durchschnittlich größere Bewegungsausmaße als die Älteren. Das Gesamtbewegungsausmaß ist bei ihnen bei der Flexion/Extensions- und bei der Rotationsbewegung größer.

In Kapitel 4.1 wurden die Ergebnisse des Fragebogens sowie der Messinstrumente *Tergumed*<sup>®</sup>, *MediMouse*<sup>®</sup> und *Mobee*<sup>®</sup> aufgeführt. Die beschriebenen Ergebnisse werden in Teilen in den folgenden Kapiteln aufgegriffen, um statistische Analysen durchzuführen sowie die erste Phase der Datenerhebung zu interpretieren.

## **4.2 Auswirkungen der Smartphone-Nutzung und weitere Einflussfaktoren auf die Gesundheit und das Schmerzempfinden von Jugendlichen**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Gesundheit und das Schmerzempfinden sowie weitere potenzielle Einflussfaktoren vorgestellt. Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen den erhobenen Daten wurden verschiedene Korrelationsanalysen durchgeführt. Dabei wurde auf den Zusammenhang zwischen der täglichen Dauer der Smartphone-Nutzung und Nackenschmerzen sowie auf die Auswirkungen der intensiven Nutzung auf die Kraft, das Bewegungsausmaß und die Haltung der Wirbelsäule der Probanden fokussiert. Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen werden in Kapitel 4.2.1 aufgeführt. Zusätzlich werden in Kapitel 4.2.2, neben der Smartphone-Nutzung, weitere potenzielle Einflussfaktoren auf den *NDI* mit der Durchführung einer multiplen linearen Regression genauer untersucht.

#### 4.2.1. Untersuchung verschiedener Korrelationen

Für die Korrelationsanalysen wurde aufgrund der jeweiligen Skalenniveaus der getesteten Variablen der Korrelationskoeffizient nach Spearman angewendet. Die Stärke des Zusammenhangs kann durch die Interpretation des Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) bestimmt werden. Als Orientierungshilfe dafür dient Tabelle 8.

##### **Korrelation zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und den NDI-Ergebnissen**

Zur Beurteilung der Schmerzen im Nackenbereich wurde der *NDI*, welcher in Kapitel 3.2.1 vorgestellt wurde, verwendet. In Tabelle 22 sind die Ergebnisse der Korrelation nach Spearman zwischen der täglichen Nutzungsdauer des Smartphones und den *NDI*-Ergebnissen aufgeführt. Diese zeigen eine schwache Korrelation ( $r = 0,1$ ) auf. Aufgrund eines Signifikanzwertes ( $p$  oder Sig.) von 0,2 besteht allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und der Höhe des *NDI*.

Tabelle 22 - Korrelation zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und den *NDI*-Werten

		<b>NDI in Punkten</b>
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3 h / &gt; 3 h</b>	Korrelationskoeffizient	0,1
	Sig. (2-seitig)	0,2
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung in h</b>	Korrelationskoeffizient	0,1
	Sig. (2-seitig)	0,2

$n = 139$

Bei der Betrachtung der *NDI*-Daten differenziert nach Dauer der Smartphone-Nutzung (kürzer bzw. länger als 3 Stunden) zeigt sich, dass die Höhe des *NDI* im Mittel bei den Probanden, die ihr Handy länger als 3 Stunden nutzen, höher ist als bei den Probanden, die es kürzere Zeit verwenden (siehe Tabelle 23). Der Mittelwert des *NDI* der Probanden mit längerer Nutzungsdauer liegt bei über 4 Punkten und somit oberhalb der Grenze, ab der moderate bzw. leichte klinisch relevante Beschwerden definiert sind.

Tabelle 23 - *NDI*-Ergebnisse aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer bzw. länger als 3 Stunden

<b>Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3 / &gt; 3 h</b>		<b>NDI [in Punkten]</b>			
		<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Std.-Abweichung</b>
≤ 3 h	<i>NDI</i> in Punkten	0	12	3,7	2,7
> 3 h	<i>NDI</i> in Punkten	0	14	4,4	3,2

$n \leq 3 \text{ h} = 100$ ;  $n > 3 \text{ h} = 39$

Die erhobenen Häufigkeiten der Punktzahlen der einzelnen Themenbereiche, die für keine akuten Beschwerden sprechen (Angabe von 0 Punkten pro Themenbereich), liegen bei den Probanden, die das Smartphone kürzer als 3 Stunden nutzen, höher als bei denen, die es länger als 3 Stunden verwenden. Es geben 44 % der Probanden mit geringerer und 36 % mit

höherer Nutzungszeit an, dass sie ohne Nackenschmerzen über einen langen Zeitraum lesen können.

### **Korrelation zwischen der Art der Smartphone-Nutzung und dem NDI**

In Tabelle 24 sind die Ergebnisse der Korrelationen der Art der Nutzung des Smartphones mit dem *NDI* dargestellt. Es zeigt sich eine schwache negative Korrelation der einhändigen Verwendung des Smartphones mit den erreichten *NDI*-Punktzahlen ( $r = -0,18$ ;  $p = 0,03$ ). Die weiteren betrachteten Arten der Smartphone-Nutzung zeigen keine signifikanten Korrelationen mit den *NDI*-Punktzahlen.

Tabelle 24 - Korrelation zwischen der Art der Smartphone-Nutzung und dem *NDI*

<b>Art der Nutzung</b>		<b>NDI in Punkten</b>
Einhändige Smartphone-Nutzung	Korrelationskoeffizient	-0,18
	Sig. (2-seitig)	0,03
Smartphone-Nutzung sitzend	Korrelationskoeffizient	-0,02
	Sig. (2-seitig)	0,8
Smartphone-Nutzung liegend	Korrelationskoeffizient	0,04
	Sig. (2-seitig)	0,66
Smartphone-Nutzung auf dem Rücken liegend	Korrelationskoeffizient	0,09
	Sig. (2-seitig)	0,31
Smartphone-Nutzung auf dem Bauch liegend	Korrelationskoeffizient	-0,1
	Sig. (2-seitig)	0,23
Smartphone-Nutzung auf der Seite liegend	Korrelationskoeffizient	0,09
	Sig. (2-seitig)	0,31
Smartphone-Nutzung während des Gehens	Korrelationskoeffizient	0,07
	Sig. (2-seitig)	0,41
Smartphone-Nutzung stehend	Korrelationskoeffizient	-0,09
	Sig. (2-seitig)	0,31

n = 139

### **Korrelation zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und dem Alter**

Es zeigt sich eine signifikante schwach positive Korrelation zwischen der täglichen Verwendungsdauer des Smartphones und dem Alter in Jahren ( $r = 0,22$ ;  $p = 0,01$ ).

### **Korrelation zwischen der Smartphone-Nutzungsdauer und Stunden Schlaf pro Nacht**

In Tabelle 25 sind die Ergebnisse der Korrelationen der täglichen Smartphone-Nutzungsdauer und der Länge des Schlafs pro Nacht in Stunden dargestellt. Sowohl die tägliche Dauer der Smartphone-Nutzung unterteilt in längere und kürzere Nutzung als 3 Stunden als auch die nicht unterteilte Dauer weisen nach Spearman eine signifikante negative Korrelation mit den Stunden Schlaf pro Nacht auf (schwache negative Korrelation mit der unterteilten Smartphone-Nutzungsdauer:  $r = -0,21$ ;  $p = 0,01$  und schwach negative Korrelation mit der nicht unterteilten Nutzungsdauer:  $r = -0,34$ ;  $p = 0,00$ ).

Tabelle 25 – Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den Stunden Schlaf pro Nacht

		Stunden Schlaf pro Nacht
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ &gt; 3 h</b>	Korrelationskoeffizient	-0,21
	Sig. (2-seitig)	0,01
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung in h</b>	Korrelationskoeffizient	-0,34
	Sig. (2-seitig)	0,00

n = 139

**Korrelation zwischen den Stunden Sport pro Woche und dem NDI**

Um die sportliche Aktivität der Probanden als Einflussfaktor auf den *NDI* zu berücksichtigen, sind in Tabelle 26 die Ergebnisse der Korrelation zwischen den Stunden Sport pro Woche und dem *NDI* aufgeführt. Es zeigt sich nach Spearman eine signifikante schwach negative Korrelation zwischen der Anzahl der Stunden Sport, die pro Woche betrieben werden, und den *NDI*-Punktzahlen ( $r = -0,18$ ;  $p = 0,03$ ).

Tabelle 26 - Korrelation zwischen den Stunden Sport pro Woche und dem *NDI*

		Stunden Sport pro Woche
<b>NDI in Punkten</b>	Korrelationskoeffizient	-0,18
	Sig. (2-seitig)	0,03

n = 139

**Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den Tergumed®-Messergebnissen**

Der Zusammenhang zwischen den Kraftwerten der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur und der Dauer der Smartphone-Nutzung wird in Tabelle 27 aufgeführt. Die Korrelationen nach Spearman zeigen vereinzelt schwache Korrelationen sowohl der LWS/BWS- als auch der HWS-Kraftwerte mit der täglichen Nutzungsdauer. Es besteht allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

Tabelle 27 - Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den *Tergumed*<sup>®</sup>-Messergebnissen

		LWS/BWS Flexion	LWS/BWS Extension	LWS/BWS Rotation links	LWS/BWS Rotation rechts
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3 h / &gt; 3 h</b>	Korrelationskoeffizient	0,05	0,00	0,03	0,07
	Sig. (2-seitig)	0,55	0,97	0,77	0,39
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung in h</b>	Korrelationskoeffizient	-0,06	-0,04	-0,08	-0,04
	Sig. (2-seitig)	0,52	0,67	0,35	0,62

n = 139

**Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den *MediMouse*<sup>®</sup>-Messergebnissen**

Die Ergebnisse der Korrelation nach Spearman zwischen der täglichen Nutzungsdauer und den Haltungswerten (bei aufrechter Haltung mithilfe der *MediMouse*<sup>®</sup> gemessen) der Probanden sind in Tabelle 28 aufgeführt.

Die Tabellen der weiteren Haltungspositionen (Flexion und während der Durchführung des Matthiass-Tests) sind im Anhang 7.5 aufgelistet. Die tägliche Dauer der Smartphone-Nutzung zeigt keine signifikante Korrelation mit den gemessenen Haltungswerten der *MediMouse*<sup>®</sup> (Ausnahme: Haltungsanalyse Matthiass-Test Sakrum zeigt eine signifikante schwache Korrelation mit der Dauer der Smartphone-Nutzung;  $r = 0,19$ ,  $p = 0,03$ ).

Tabelle 28 - Korrelation der Dauer der Smartphone-Nutzung und den *MediMouse*<sup>®</sup>-Messergebnissen

		BWS	LWS	Sakrum	Inklination	WS-Länge
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3 h / &gt; 3 h</b>	Korrelationskoeffizient	0,01	-0,05	0,06	0,03	0,04
	Sig. (2-seitig)	0,89	0,54	0,46	0,77	0,62
<b>Tägliche Smartphone-Nutzung in h</b>	Korrelationskoeffizient	-0,05	-0,02	0,04	-0,08	0,06
	Sig. (2-seitig)	0,54	0,83	0,66	0,36	0,5

n = 135

Die Ergebnisse des *Spine Check Scores* weisen nach Spearman ebenfalls keine signifikante Korrelation auf (siehe Anhang 7.5). In Tabelle 29 sind die Mittelwerte sowie die minimalen und maximalen Ergebnisse des *Spine Check Scores* hinsichtlich der täglichen Smartphone-Nutzung länger und kürzer als 3 Stunden dargestellt. Es zeigt sich, dass die Probanden mit der täglich längeren Smartphone-Nutzung im Mittel geringere Werte erreichen als diejenigen mit kürzerer Nutzung. Eine Ausnahme stellt die Haltungskompetenz dar. Bei dieser erreichen diejenigen, die ihr Smartphone unter 3 Stunden nutzen, minimal geringere Mittelwerte.

Tabelle 29 - Messergebnisse des *Spine Check Scores* aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer und länger als 3 Stunden

Tägliche Smartphone-Nutzung		Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung
≤ 3 h	Haltung [in %]	6	82	44,6	19,2
	Beweglichkeit [in %]	14	94	43	18,7
	Haltungskompetenz [in %]	0	78	28,3	17,3
	<b>Gesamtbewertung [in %]</b>	<b>14</b>	<b>70</b>	<b>37</b>	<b>11,9</b>
> 3 h	Haltung [in %]	18	82	43,1	17,3
	Beweglichkeit [in %]	18	80	37,7	14,8
	Haltungskompetenz [in %]	2	72	28,8	16,1
	<b>Gesamtbewertung [in %]</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>34,8</b>	<b>9,3</b>

n ≤ 3 h = 97; n > 3 h = 37

***Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und der Mobee®-Messewerte***

In Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Korrelationen nach Spearman zwischen der täglichen Dauer der Smartphone-Nutzung und den einzelnen Bewegungsausmaßen der HWS aufgeführt. Die Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung korreliert signifikant schwach negativ mit dem Gesamtbewegungsausmaß der HWS während der Rotation ( $r = - 0,18$ ;  $p = 0,03$ ). Ansonsten bestehen keine signifikanten Korrelationen mit den Bewegungsausmaßen der HWS.

Tabelle 30 - Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den *Mobee*<sup>®</sup>-Messewerten

		Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h	Tägl. Smartphone-Nutzung in h
Lateralflexion	Korrelationskoeffizient	-0,10	-0,06
	Sig. (2-seitig)	0,24	0,46
rechts Lateralflexion	Korrelationskoeffizient	-0,07	-0,1
	Sig. (2-seitig)	0,43	0,25
<b>Gesamtbewegungs- ausmaß links/rechts Lateralflexion</b>	Korrelationskoeffizient	-0,09	-0,08
	Sig. (2-seitig)	0,28	0,33
links Rotation	Korrelationskoeffizient	-0,11	-0,15
	Sig. (2-seitig)	0,2	0,08
rechts Rotation	Korrelationskoeffizient	-0,13	-0,13
	Sig. (2-seitig)	0,12	0,13
<b>Gesamtbewegungs- ausmaß links/rechts Rotation</b>	Korrelationskoeffizient	-0,14	-0,18*
	Sig. (2-seitig)	0,09	0,03
Extension	Korrelationskoeffizient	0,09	0,04
	Sig. (2-seitig)	0,28	0,68
Flexion	Korrelationskoeffizient	-0,12	-0,14
	Sig. (2-seitig)	0,17	0,1
<b>Gesamtbewegungs- ausmaß Extension Flexion</b>	Korrelationskoeffizient	0,07	-0,03
	Sig. (2-seitig)	0,44	0,73

n = 139

Bei der Auftrennung des Probandenkollektivs nach der Dauer der Smartphone-Nutzung ist festzustellen, dass die Gesamtbewegungsausmaße derjenigen, die ihr Smartphone kürzer als 3 Stunden täglich nutzen, stets um wenige Grad höher liegen als derer, die es länger als 3 Stunden verwenden.

In Tabelle 31 sind die Mittelwerte (inkl. Standardabweichung) sowie die maximalen und die minimalen Werte der Gesamtbewegungsausmaße der einzelnen Bewegungsrichtungen der HWS aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzung in mehr oder weniger als 3 Stunden gezeigt. Bei dem Gesamtbewegungsausmaß der Flexion/Extension liegt der Unterschied lediglich bei 1°. Bei der Lateralflexion liegen ca. 5° Differenz der Mittelwerte und bei der Rotation 6° Differenz vor.



Tabelle 31 - Messergebnisse *Mobee*<sup>®</sup> aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer und länger als 3 Stunden

Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h		Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung
≤ 3h	Flexion/Extension	99	196	140,5	18,7
	Links/rechts Lateralflexion	71	195	106,5	18,8
	Links/rechts Rotation	112	201	163,7	17,7
> 3h	Flexion/Extension	88	181	139,8	21,6
	Links/rechts Lateralflexion	75	134	102,6	14
	Links/rechts Rotation	105	209	157,9	22,9

n ≤ 3 h = 100; n > 3 h = 39

#### 4.2.2. Durchführung multiple lineare Regression

Anhand der deskriptiven Analyse der erhobenen Daten und der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Korrelationen und Zusammenhänge wurden potenzielle Einflussfaktoren auf den *NDI* ausgewählt. Die abhängige Variable stellt der „*NDI* (in Punkten)“ dar. Aufgrund der leichten Differenz in der geschlechtsspezifischen Altersstruktur wird der Faktor „Alter in Jahren“ zwingend in der Regression inkludiert. Ebenso wird die Variable zur „Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung“ zwingend eingeschlossen, da es das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, ihren Einfluss auf den *NDI* zu untersuchen.

Die potenziellen Einflussfaktoren dienen als unabhängige Variablen: „Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung“ (≤ 3 h, > 3 h), „Alter in Jahren“ (≤ 14 Jahre, > 14 Jahre), „Stunden Schlaf pro Nacht“ (≤ 7 h, > 7 h), „Stunden Sport pro Woche“ (≤ 3 h, > 3 h), „einhändige Smartphone-Nutzung“, „Geschlecht“ (0 = männlich, 1 = weiblich) und „Zollgröße“ des eigenen Smartphones.

Die multiple lineare Regression wird durch eine Vorwärtsselektion (siehe Tabelle 32) sowie durch eine Rückwärtsselektion (siehe Tabelle 33) ausgeführt. Eine multiple lineare Regression gilt ausschließlich als robust, wenn sowohl bei der Durchführung der Vorwärts- als auch der Rückwärtsselektion das gleiche Ergebnis erzielt wird. In der vorliegenden Analyse zeigen sich unterschiedliche Ergebnisse, womit die Regression als nicht robust angesehen werden muss. Somit kann mithilfe der Regression kein Einfluss durch die Variable „Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung in Stunden“ auf den *NDI* bei Jugendlichen festgestellt werden.

Tabelle 32 - Multiple lineare Regression Vorwärtsselektion

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressions- koeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	3,590	0,379		9,483	0,000
	Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h	0,667	0,546	0,105	1,223	0,224
	Alter in Jahren ≤ 14/ > 14 Jahre	0,193	0,489	0,034	0,394	0,694

a. Abhängige Variable: *NDI* in Punkten  
Anmerkung: Std.-Fehler = Standardfehler; T = T-Wert; Sig. = Signifikanzwert

Tabelle 33 - Multiple lineare Regression Rückwärtsselektion

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressions- Koeffizient B	Std.-Fehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	3,590	0,379		9,483	0,000
	Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h	0,667	0,546	0,105	1,223	0,224
	Alter in Jahren ≤ 14/ > 14 Jahre	0,193	0,489	0,034	0,394	0,694
2	(Konstante)	3,265	0,403		8,105	0,000
	Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h	0,580	0,540	0,092	1,075	0,284
	Alter in Jahren ≤ 14/ > 14 Jahre	-0,021	0,493	-0,004	-0,043	0,966
	Geschlecht	1,070	0,498	0,187	2,149	0,033
3	(Konstante)	4,279	0,595		7,188	0,000
	Tägliche Smartphone-Nutzung ≤ 3/ > 3 h	0,653	0,533	0,103	1,227	0,222
	Alter in Jahren ≤ 14/ > 14 Jahre	-0,093	0,486	-0,016	-0,190	0,849
	Geschlecht	1,177	0,492	0,205	2,390	0,018
	Einhändige Smartphone-Nutzung	-0,021	0,009	-0,192	-2,283	0,024

a. Abhängige Variable: *NDI* in Punkten  
Anmerkung: Std.-Fehler = Standardfehler; T = T-Wert; Sig. = Signifikanzwert

## 5. Diskussion

Im Folgenden werden die in Kapitel 4 vorgestellten Ergebnisse kritisch reflektiert und interpretiert. Die Resultate werden in den aktuellen Stand der Wissenschaft eingeordnet und auf Grundlage dessen diskutiert. Dabei wird zu Beginn die Struktur der Probandengruppe mit Fokus auf das Nutzungsverhalten diskutiert (Kapitel 5.1). Im zweiten Schritt werden die in Kapitel 2.5 aufgeführten Forschungsfragen der vorliegenden Dissertation aufgegriffen sowie auf Basis der vorgestellten Ergebnisse analysiert und beantwortet. Zum Abschluss der Diskussion werden die Erkenntnisse zusammengefasst. Es werden Anknüpfungspunkte zur Weiterentwicklung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sowie deren Beitrag für zukünftige Forschungsaktivitäten aus der Diskussion handlungsleitend aufgegriffen.

### 5.1 Diskussion des Smartphone-Nutzungsverhaltens und weiterer im Fragebogen behandelte Aspekte

#### ***Tägliche Smartphone-Nutzungsdauer***

Die tägliche Smartphone-Nutzungsdauer der Probanden der *Smartphone Neck Studie* liegt im Mittel bei 2,8 Stunden. In vorherigen Studien zeigte sich ebenfalls eine tägliche, durchschnittliche Handy-Nutzung zwischen 2 und 4 Stunden<sup>20,86</sup>. Weitere Ergebnisse zeigen eine längere Verwendung durch Mädchen als durch Jungen und ebenso längere Nutzungszeiten älterer Jugendlicher (15 bis 18 Jahre) als jüngerer (11 bis 14 Jahre). Die Korrelationsanalyse nach Spearman unterstützt mit einem signifikanten schwach positiven Ergebnis den Zusammenhang zwischen der Verwendungsdauer und dem Alter in Jahren ( $r = 0,22$ ;  $p = 0,01$ ) in der untersuchten Altersgruppe.

Eine Limitierung der Arbeit besteht darin, dass die zeitlichen Nutzungsangaben von den Probanden anhand ihrer eigenen, subjektiven Einschätzung abgefragt wurden. Dadurch sind Abweichungen von den tatsächlichen Werten nicht auszuschließen. Aufgrund der Übereinstimmung mit Ergebnissen früherer Studien ist in diesem Fall lediglich von geringfügigen Abweichungen auszugehen. Zur Reduzierung dieser Unschärfe sollte die Erhebung des Smartphone-Nutzungsverhaltens in zukünftigen Studien mittels der von den Smartphones gespeicherten Nutzungsdaten durchgeführt werden. Dafür beinhalten die meisten Smartphones bereits Funktionen in ihren Einstellungen. Alternativ können Anwendungen heruntergeladen werden, mit denen die Häufigkeit der Smartphone-Nutzung oder die Art der Verwendung aufgezeichnet werden können. Zu dem Zeitpunkt der Durchführung der ersten Phase der *Smartphone Neck Studie* im Jahr 2017 waren diese Funktionen und Anwendungen noch nicht ausreichend vorhanden und verbreitet, um sie als Datengrundlage in Betracht zu ziehen<sup>87</sup>.

Mit dieser Vorgehensweise ist eine objektivere Erhebung der notwendigen Daten möglich und potenzielle Verzerrungen aufgrund subjektiver Aussagen können reduziert werden.

### **Art und Weise der Smartphone-Nutzung**

Die Ergebnisse der *Smartphone Neck Studie* zum Smartphone-Nutzungsverhalten zeigen, dass die Jugendlichen das Smartphone am häufigsten zum Verfassen von Textnachrichten nutzen. In anderen Studien wurde dies ebenfalls als eine der häufigsten Smartphone-Aktivitäten bei Jugendlichen identifiziert<sup>4,7</sup>. *Lee et al. (2015)* fanden heraus, dass während des Schreibens von Textnachrichten auf dem Smartphone der Kopf stärker geneigt wird als bei anderen Anwendungsmöglichkeiten, wie bspw. der Nutzung des Internets oder dem Anschauen von Videos über das Handy<sup>88</sup>. Im Allgemeinen gilt, dass durch die vorgeneigte Kopfposition eine Kraft von bis zu 28 kg auf den Nacken und die HWS wirken können. In der Neutralnullstellung sind es ungefähr 5 kg<sup>17</sup>. Die Wirbelsäule kann ein Gewicht von über 10 kg jedoch nicht tragen, ohne dabei eine gebeugte Haltung einzunehmen<sup>89</sup>.

Das Smartphone wird von den Probanden der *Smartphone Neck Studie* mit anteilig 45 % am häufigsten im Liegen verwendet, am zweithäufigsten im Sitzen mit 33 % und am dritthäufigsten im Stehen mit 14 %. In einer Studie von *Kim und Kim (2015)* gaben 40 % der Studienteilnehmenden an, dass sie ihr Smartphone im Sitzen, 35 % auf dem Rücken liegend und 11 % im Stehen verwenden<sup>28</sup>. Hierzu ist anzumerken, dass die Probanden im Fragebogen der *Smartphone Neck Studie* zwischen einer Smartphone-Nutzung „Im Sitzen“, „Im Liegen“, „Gehend“, „Stehend“ und „Andere“ wählen konnten. Die Auswahlmöglichkeit „Im Liegen“ wurde dabei in zusätzliche Differenzierungsmöglichkeiten unterteilt. Da die Probanden Prozentangaben für jede der auszuwählenden Positionen angeben sollten (in Summe 100 %), ist zu berücksichtigen, dass dadurch für die liegende Position gegebenenfalls mehr Prozente verteilt wurden, als der Realität entsprechen.

Generell gilt, dass die Wirbelsäule in der liegenden Position am geringsten belastet wird und der niedrigste Druck auf die Bandscheiben wirkt<sup>90</sup>. Ob die sitzende oder die stehende Position mit mehr Druck einhergeht, ist nicht eindeutig definiert<sup>91,92</sup>. Die Aussagen in der Literatur beziehen sich hauptsächlich auf die Belastung der LWS. Aufgrund eines Mangels an Untersuchungen hinsichtlich der Belastung der HWS werden die Aussagen in der vorliegenden Dissertation somit auf die zervikale Wirbelsäule übertragen. In einer Studie von *Kwon et al. (2018)* wurde sowohl die lumbosakrale als auch die zervikal-thorakale Belastung der Wirbelsäulen-Gelenke in verschiedenen Sitzpositionen untersucht. Dabei zeigten sich für die unterschiedlichen Wirbelsäulen-Abschnitte vergleichbare Ergebnisse<sup>93</sup>. Sowohl in der Studie von *Wilke et al. (1999)* als auch in der Studie von *Rohmann et al. (1999)* wurden höhere Belastungswerte in der stehenden als in der sitzenden und gleichzeitig muskelentspannten Position gemessen<sup>94,95</sup>. Der Großteil der in der Vergangenheit durchgeführten Studien beschreibt hingegen eine höhere Belastung der Bandscheiben während der sitzenden

Position<sup>96-98</sup>. Auch in der Studie von *Huang et al.* aus dem Jahr 2016 wurden höhere Belastungswerte der LWS in aufrecht sitzender als in aufrecht stehender Position identifiziert<sup>92</sup>. Nach *Dreischarf et al. (2010)* haben die während der sitzenden Position eingenommene Armhaltung sowie die individuelle Konstitution der Wirbelsäule einen starken Einfluss auf das Ausmaß der Belastung und sind als potenzielle Ursache für die divergierenden Ergebnisse in der Literatur zu werten<sup>91</sup>. In der Studie von *Kwon et al. (2018)* zeigte sich in sitzender Position und nach vorne gehaltenen Armen (analog zur Haltung während der Nutzung von Smartphones) eine stärkere Belastung der zervikal-thorakalen Wirbelsäulen-Gelenke im Vergleich zu vor der Brust verschränkten Armen<sup>93</sup>.

Die von den Probanden der *Smartphone Neck Studie* häufig eingenommene liegende Position während der Smartphone-Nutzung hat die Auswirkungen auf die HWS und den Nackenbereich eventuell reduziert. Gleichzeitig könnte die von den Probanden am häufigsten genutzte Anwendungsmöglichkeit des Smartphones, das Verfassen von Textnachrichten, aufgrund der im Vorfeld beschriebenen verstärkten Kopfneigung zu einer erhöhten Belastung geführt haben.

### **Weitere Belastungen der HWS und des Nackenbereichs mit Fokus auf sportliche Aktivitäten**

Aufgrund der vorgebeugten Kopfhaltung ist der Begriff des *text neck* entstanden. Es muss jedoch beachtet werden, dass vergleichbare Kopfhaltungen bei anderen Aktivitäten (z.B. Lesen und Schreiben) eingenommen werden. Negative gesundheitliche Folgen dieser Tätigkeiten konnten in wissenschaftlichen Studien bisher nicht belegt werden<sup>15</sup>.

Der Jim Studie aus dem Jahr 2019 folgend hat sich die Häufigkeit des täglichen Lesens von Büchern unter Jugendlichen in den letzten Jahren nur geringfügig verändert. Die Häufigkeit des Lesens liegt im Jahr 2019 mit 34 % täglich weitaus niedriger als die Häufigkeit der täglichen Smartphone-Nutzung der 11- bis 19-Jährigen (92 %)<sup>2</sup>.

Eine zusätzliche Beanspruchung der HWS durch sportliche Aktivitäten (wie bspw. Hockey oder Fußball) oder weitere Freizeitaktivitäten (wie bspw. das Spielen eines Musikinstrumentes) gaben 42 % der Probanden der *Smartphone Neck Studie* an. Die Korrelation zwischen den Stunden Sport, die von den Probanden innerhalb einer Woche ausgeübt werden, und den erreichten *NDI*-Punktzahlen zeigt eine signifikante schwach negative Korrelation ( $r = -0,18$ ;  $p = 0,03$ ). Insgesamt deutet dieses Ergebnis auf eine potenzielle protektive Funktion durch die allgemeine sportliche Aktivität der Probanden hin.

In vorangegangenen Studien wurde das Auftreten von Schmerzen, ausgelöst durch sportliche Aktivitäten, in unterschiedlichen Bereichen des Körpers (inklusive des Nackens und der HWS) untersucht<sup>99-103</sup>. Zwischen Rückenbeschwerden und der Ausübung von Sport im Allgemeinen besteht nach *Mogensen et al. (2007)* kein Zusammenhang<sup>99</sup>. Auch *Sitthipornvorakul (2011)*

konnte keinen Zusammenhang zwischen allgemeiner körperlicher Aktivität und Schmerzen im Nackenbereich identifizieren <sup>102</sup>.

Notwendig erscheint eine Differenzierung der einzelnen Sportarten, um einen Zusammenhang zwischen Sport und Beschwerden im HWS- und Nackenbereich festzustellen. Differenziert betrachtet weisen manche Sportarten potenziell schädliche Effekte auf, andere wirken hingegen lindernd hinsichtlich der Entstehung von Rückenschmerzen <sup>99,100,103</sup>. Nach *Cramer et al. (2013)* haben regelmäßige Yoga-Übungen bspw. positive Auswirkungen auf chronische Nackenschmerzen <sup>104</sup>. Allerdings zeigen sich bezüglich der Effekte einiger Sportarten Uneinigheiten, sodass weitere Untersuchungen notwendig erscheinen, um den Einfluss einzelner Sportarten definieren zu können <sup>99,103</sup>.

In Kombination mit den dargelegten Studien und der lediglich schwachen Korrelation kann zurzeit kein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und den Auswirkungen auf den Nacken und die HWS formuliert werden.

### ***Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Schlafhygiene***

Im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* wurde der Zusammenhang der täglichen Smartphone-Nutzungsdauer und der Anzahl an Stunden Schlaf der Probanden pro Nacht untersucht. Dabei zeigt sich eine signifikante schwach negative Korrelation mit der Smartphone-Nutzungsdauer getrennt in kürzer und länger als 3 Stunden und eine signifikante moderat negative Korrelation mit der Smartphone-Nutzungsdauer (nicht aufgeteilt). Es kann keine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit eine vermehrte tägliche Smartphone-Nutzung zu einer verkürzten Schlafdauer führt oder eine kürzere Schlafdauer eine längere tägliche Smartphone-Nutzungszeit bedingt. Dass ein Zusammenhang existiert, scheint jedoch aufgrund der genannten Ergebnisse deutlich.

In früheren Studien wurden die Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf die Schlafhygiene und die Schlafqualität untersucht <sup>105-107</sup>. Nach *Strube et al. (2016)* wirkt sich die Verwendung kurz vor dem Zubettgehen und ein Wecken durch das Smartphone negativ auf die Schlafhygiene und -qualität aus <sup>105</sup>. *Christensen et al. (2016)* konnten ebenfalls einen entsprechenden Zusammenhang identifizieren. Eine verkürzte Schlafzeit und eine schlechte Schlafqualität waren verbunden mit einer längeren Smartphone-Nutzungszeit. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die Kausalität auch in diesem Fall nicht endgültig geklärt ist <sup>106</sup>. *Demirci et al. (2015)* sehen einen Zusammenhang darin, dass die Überbenutzung des Smartphones zu Depressionen und Angstzuständen und dadurch zu einer gestörten Schlafqualität führen kann <sup>107</sup>.

Die Ergebnisse der *Smartphone Neck Studie* sowie der früheren Studien deuten auf einen Zusammenhang zwischen der Smartphone-Nutzung und dem Auftreten von

Schlafbeschwerden hin. Endgültige Aussagen über die Richtung des vorhandenen Zusammenhangs sind jedoch zum derzeitigen Forschungsstand nicht möglich.

Als möglicher Risikofaktor für Beschwerden im Nacken- und Halsbereich wird eine schlechte Schlafhygiene vermutet. In diesem Zusammenhang deuten die Studienergebnisse von *Auvinen et al. (2010)* auf eine Korrelation zwischen insuffizienter Qualität und Quantität des Schlafs und auf ein Auftreten von Nackenschmerzen und Beschwerden im Bereich des unteren Rückens hin. Das Probandenalter lag in diesem Fall zwischen 15 und 19 Jahren <sup>108</sup>.

*Andreucci et al. (2017)* befassten sich in ihrem Übersichtsartikel speziell mit Studien, die den Zusammenhang zwischen Schlafproblemen und muskuloskelettalen Beschwerden bei Jugendlichen oder Kindern untersucht haben. Dabei wurde kein Zusammenhang identifiziert. Es wird allerdings auf eine mangelhafte Qualität der Methodik der inbegriffenen Studien hingewiesen <sup>109</sup>.

Aufgrund der genannten Kontroversen der bisherigen Studienergebnisse und den Ergebnissen der *Smartphone Neck Studie* ist es notwendig, dass anknüpfende Studien durchgeführt werden, die sich mit den Folgen schlechten Schlafs auf den muskuloskelettalen Bereich auseinandersetzen.

### ***Ergebnisse der Befragung der Probanden zu „Beschwerden während und nach längerer Smartphone-Nutzung“***

Lediglich 6 % der Probanden geben akute Beschwerden während der Smartphone-Nutzung an. Nach längerer Nutzungsdauer werden am häufigsten Nackenschmerzen als Beschwerden genannt. Auch besteht bei 58 % der Probanden die Vermutung, dass die exzessive Smartphone-Nutzung zu gesundheitlichen Beschwerden führen kann. Von diesem Anteil gaben 47 % an, dass Folgen im Bereich des Nackens und der Wirbelsäule befürchtet werden.

Aufgrund des Namens der Studie sind potenzielle Verzerrungen der Ergebnisse und eine Vorbeeinflussung der Probanden in diesem Bereich zu bedenken. Dieser Vermutung steht entgegen, dass sich das Ergebnis mit denen vorheriger Studien deckt, in deren Titel keine Körperregion genannt wurde. Beschwerden im Nacken- und Halsbereich zählen zu den am häufigsten genannten Auswirkungen längerer Smartphone-Nutzung <sup>27,28</sup>.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse des *Neck Disability Index* und der gesundheitlichen Auswirkungen der Smartphone-Nutzung auf den Nackenbereich

### **Allgemeine NDI-Ergebnisse der Smartphone Neck Studie**

In der *Smartphone Neck Studie* wurden die Nackenschmerzen mithilfe des *NDI* quantifiziert. Es haben 35 % der Probanden einen *NDI*-Punktwert von über 4 Punkten erreicht. Sie weisen somit lediglich leichte klinisch relevante Beeinträchtigungen im Bereich der HWS und des Nackens auf. Dabei ist anzumerken, dass es sich bei dem *NDI* um ein subjektives Messinstrument handelt. Dadurch sind abweichende Einschätzungen unterschiedlicher Probanden mit eigentlich gleicher Schmerzintensität nicht auszuschließen. Außerdem muss beachtet werden, dass der maximal erreichte *NDI* im Probandenkollektiv dieser Studie bei 14 Punkten liegt und somit keiner der Studienteilnehmenden die Punktgrenze von 15 Punkten zu moderaten Beschwerden im Nackenbereich überschreitet.

### **Geschlechts- und altersspezifische NDI-Ergebnisse**

Bei der geschlechts- und altersspezifischen Betrachtung der *NDI*-Ergebnisse wird deutlich, dass die jeweilige Gruppe, die das Smartphone täglich länger verwendet, im Mittel höhere Punktzahlen erzielt. Es weisen mehr weibliche als männliche Probanden sowie die älteren häufiger als die jüngeren Probanden *NDI*-Punktwerte von über 4 Punkten auf.

In der Studie von *Lee und Song (2014)* zeigten die weiblichen Probanden ebenfalls höhere *NDI*-Werte als die männlichen<sup>20</sup>. Im Allgemeinen leiden Frauen jedoch häufiger unter Schmerzen und gelten im Vergleich zu Männern als schmerzempfindlicher<sup>66,68,70</sup>. Bezüglich der Ursachensuche für die geschlechtsspezifischen Schmerzunterschiede gibt es bisher keine definitiven Ergebnisse. Es werden physiologische, psychologische sowie soziale Einflussfaktoren vermutet<sup>66,68</sup> (siehe auch Kapitel 2.3.4).

Zusätzlich bestehen Hinweise darauf, dass ein höheres Alter Auswirkungen auf die Schmerzwahrnehmung und die zentrale Schmerzverarbeitung hat<sup>78</sup>. Nach *Gibson et al. (2004)* besteht eine Erhöhung der Schmerzgrenze bei älteren Menschen bei kurzen und lokalisierten Schmerzen. Bei Schmerzreizen über einen längeren Zeitraum besteht jedoch eher eine Erniedrigung<sup>110</sup>. Diese Differenzen beziehen sich allerdings auf größere Altersunterschiede als die bei den Probanden der *Smartphone Neck Studie* vorliegenden.

Aufgrund dieser vermuteten Einflüsse des Geschlechts und des Alters auf die Schmerzwahrnehmung ist es nicht möglich, die genannten geschlechts- und altersspezifischen Ergebnisse der *NDI*-Werte im Rahmen der *Smartphone Neck Studie* mit der längeren Smartphone-Nutzungsdauer der weiblichen bzw. der älteren Probanden zu begründen.



### ***Einflüsse des Smartphone-Nutzungsverhalten auf Beschwerden im Nackenbereich***

Die Korrelationsanalysen zeigen keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und Nackenschmerzen bei den untersuchten Jugendlichen (Korrelationsanalyse nach Spearman:  $r = 0,1$ ;  $p = 0,24$ ). In Kapitel 2.1.3 wurden Studien vorgestellt, die ebenfalls den Zusammenhang von täglicher Smartphone-Nutzung und Beschwerden im Hals- und Nackenbereich untersucht haben. Dabei konnten in fünf der sieben Studien negative Einflüsse nachgewiesen werden<sup>20-22,24,26</sup>.

*Damasceno et al. (2018)* und *Toh et al. (2020)* konnten keinen Zusammenhang zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und Nackenschmerzen bzw. muskuloskelettalen Beschwerden identifizieren<sup>23 25</sup>. *Lee und Song (2014)*, *AlAbdulwahab et al. (2017)* sowie *Shah und Sheth (2018)* haben in ihren Studien wie auch in der *Smartphone Neck Studie* den *NDI* zur Evaluation der Nackenschmerzen angewandt<sup>12,20,22</sup>. In allen drei Studien konnte ein Zusammenhang zwischen dem *NDI* und der Dauer der Smartphone-Nutzung festgestellt werden. Zu beachten ist, dass, verglichen mit den ermittelten Punktwerten in der *Smartphone Neck Studie*, die Probanden dieser drei Positiv-Studien Ergebnisse über der 15-Punkte-Grenze erreicht haben<sup>12,20</sup>. Die in der *Smartphone Neck Studie* vorliegende geringe Spanne der Schmerzintensität der Probanden ist vermutlich nicht ausreichend, um statistisch signifikante Korrelationen feststellen zu können. Als potenzielle Ursache für die divergierenden Ergebnisse ist das höhere Probandenalter ( $> 18$  Jahre) in den Studien von *Lee und Song (2014)*, *AlAbdulwahab (2017)* sowie *Shah und Sheth (2018)* zu berücksichtigen<sup>12,20,22</sup>. Mit einem Durchschnittsalter von 14,7 Jahren sind die Probanden der *Smartphone Neck Studie* möglicherweise noch zu jung, um bereits signifikante Auswirkungen an den Messwerten feststellen zu können (siehe dazu Abschnitt „Potenzielle Einflüsse des Alters der Probanden auf die gesundheitlichen Auswirkungen“). Die Relevanz von Untersuchungen der Auswirkungen longitudinal über mehrere Messzeitpunkte ist an dieser Stelle hervorzuheben, um Änderungen der *NDI*-Werte im Verlauf identifizieren zu können. Zur Verifizierung, ob Nackenschmerzen eine Folge längerer täglicher Smartphone-Nutzung darstellen, sind somit weitere Untersuchungen abzuwarten.

Bei der Betrachtung der erreichten *NDI*-Punktzahlen aufgetrennt nach der Nutzungsdauer des Smartphones beträgt die *NDI*-Punktzahl bei Probanden, die ihr Smartphone weniger als 3 Stunden nutzen, im Mittel 3,7 Punkte und bei den Probanden mit einer längeren Nutzung als 3 Stunden 4,4 Punkte. Somit überschreiten Letztere mit einer längeren Smartphone-Nutzungsdauer im Durchschnitt die Grenze zu leichten Beschwerden des Nackens (4 Punkte).

Bei der Untersuchung, ob eine ein- oder beidhändige Smartphone-Nutzung Einfluss auf das Auftreten von Schmerzen im Nacken haben, zeigte sich eine statistisch signifikante schwach negative Korrelation zwischen der einhändigen Verwendung des Smartphones und den

erhobenen *NDI*-Punktzahlen ( $p = -0,18$ ;  $r = 0,03$ ). Dieses Ergebnis spricht für geringere Nackenbeschwerden bei der Nutzung des Smartphones mit nur einer Hand im Vergleich zu einer beidhändigen Benutzung. Die Ergebnisse von *Han und Shin (2019)* bestätigen diese Aussage <sup>111</sup>. *Lee et al. (2015)* hingegen empfehlen aufgrund der Ergebnisse ihrer Studie eine Verwendung mit beiden Händen, um muskuloskelettalen Beschwerden der oberen Extremität vorzubeugen <sup>112</sup>.

Alle weiteren durchgeführten Korrelationsanalysen bezüglich des Smartphone-Nutzungsverhaltens und den durch den *NDI* erhobenen Nackenschmerzen ergaben keine statistisch signifikanten Zusammenhänge. Als wichtige Limitierung der vorliegenden Arbeit ist dabei zu nennen, dass sich die Messergebnisse lediglich auf eine Momentaufnahme des Probandenkollektivs ohne Berücksichtigung eines zeitlichen Verlaufs bezogen haben.

In Summe ist die Forschungsfrage I („*Hat das Smartphone-Nutzungsverhalten einen Einfluss auf das Auftreten von Schmerzen im Hals- und Nackenbereich von Jugendlichen?*“) anhand der Ergebnisse der *Smartphone Neck Studie* zu verneinen. Aufgrund der divergierenden Ergebnisse vorheriger Studien bleiben zur Verifizierung weitere Untersuchungen bezüglich der Auswirkungen der Art und Weise der Smartphone-Nutzung, insbesondere auf den Hals- und Nackenbereich, abzuwarten. Es sollten die jeweiligen Nutzungsarten differenziert betrachtet werden, um einzelne Nutzungsweisen als Ursachen von Beschwerden identifizieren zu können. Die in dieser Dissertation festgestellte schwach negative Korrelation zwischen einhändiger Nutzung und Beschwerden der Probanden sollte fokussiert werden.

### ***Ergebnisse der multiplen linearen Regression***

Die multiple lineare Regression zeigt kein robustes Ergebnis und verdeutlicht, dass zu dem Zeitpunkt der Durchführung der ersten Studienphase kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und der Höhe des *NDI* bei Jugendlichen besteht.

Die zuvor durchgeführten Korrelationen zwischen dem *NDI* und den einzelnen unabhängigen Variablen, die in der Regression untersucht werden sollten, wiesen lediglich schwache Korrelationsergebnisse auf. Die Einflüsse scheinen somit zu gering, um bei der statistischen Analyse signifikante Ergebnisse und eine robuste Regression erzeugen zu können.

## **5.3 Diskussion der Messergebnisse *Tergumed*<sup>®</sup>, *MediMouse*<sup>®</sup> und *Mobee*<sup>®</sup>**

### ***Tergumed*<sup>®</sup>-Messergebnisse**

Die mithilfe des Messgerätes *Tergumed*<sup>®</sup> erhobenen Kraftwerte korrelieren nicht signifikant mit der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung. Die Vermutung, dass exzessiver Smartphone-Gebrauch und die damit verbundene Dauerbelastung der Wirbelsäule zu einer Abschwächung der Muskelkraft im Bereich des Nackens und der Wirbelsäule führt, kann somit im Rahmen

der ersten Untersuchungsphase der *Smartphone Neck Studie* statistisch nicht signifikant bestätigt werden. Die Forschungsfrage II („Führt eine längere Dauer der Smartphone-Nutzung zu einer Abschwächung der Kraft der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur?“) ist somit zu verneinen.

Hervorzuheben ist der Vergleich mit den von *Proxomed* zur Verfügung gestellten Referenzwerten. Im Vergleich zu den Referenzwerten liegen sowohl bei den Kraftwerten der HWS als auch bei denen der LWS/BWS die Ergebnisse der Probanden in den meisten Fällen unterhalb der Referenzwerte. Bei der Untersuchung der HWS liegen bei 62 % der Probanden alle Muskelkraftwerte unterhalb der Referenzwerte, bei der Untersuchung der LWS/BWS ist dies bei 22 % der Fall. Der Unterschied zwischen den HWS-Muskelkraftwerten und den jeweiligen Referenzwerten ist somit wesentlich größer.

Bei der geschlechtsspezifischen Betrachtung der Kraftmessungen der HWS weisen erneut die weiblichen Probanden, die das Smartphone im Durchschnitt länger nutzen, häufiger als die männlichen Probanden Kraftwerte auf, die niedriger als die der Referenzdaten sind.

Als die ursprünglichen Daten der Referenzgruppe im Jahr 1995 von Achim Denner erhoben wurden, zählte der Mobiltelefon-Besitz allgemein zu einer Seltenheit. Nur wenige Jugendliche besaßen ein eigenes Handy. Eine ständige Mobiltelefon-Nutzung von Jugendlichen kann zu diesem Zeitpunkt somit keinen maßgeblichen Einfluss auf die ermittelten Werte genommen haben<sup>4</sup>. Das stellt einen großen Unterschied im Vergleich zu den Probanden der *Smartphone Neck Studie* dar und ist somit als eine mögliche Ursache für die geringeren Muskelkraftwerte der Probanden im Bereich der HWS zu nennen.

Da die an den *Tergumed*<sup>®</sup>-Messgeräten durchgeführten Kraftmessungen sowohl untersucher- als auch probandenabhängig sind, können geringe Unregelmäßigkeiten der Messergebnisse nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Zur größtmöglichen Reduktion dieses Störfaktors sollten die Testungen sowohl in der ersten als auch in der zweiten Untersuchungsphase durch dieselben Physiotherapeuten durchgeführt werden.

Die langfristigen Auswirkungen auf die Kraft sind auf Basis der vorliegenden Ergebnisse nicht final zu deuten. Daher sollte dieser Aspekt in zukünftigen Studien geprüft werden. In der Analyse der zweiten Untersuchungsphase der *Smartphone Neck Studie* kann diese Thematik erneut aufgegriffen werden und bereits weiterführende Ergebnisse liefern.

### **MediMouse<sup>®</sup>-Messergebnisse**

Im Weiteren wird überprüft, ob die tägliche Nutzungsdauer von Smartphones Auswirkungen auf die Haltung der Probanden hat. Die einzelnen, mithilfe des *MediMouse*<sup>®</sup>-Messinstrumentes erhobenen regionalen Haltungswerte zeigen nach Spearman keine signifikante Korrelation mit der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung. Die Vermutung, dass durch den häufigen Smartphone-Gebrauch eine unphysiologische Haltung folgt, ist anhand der Ergebnisse der

*Smartphone Neck Studie* statistisch nicht signifikant zu bestätigen. Die Forschungsfrage III („Führt eine längere Dauer der Smartphone-Nutzung zu einer verschlechterten Haltung der Wirbelsäule?“) ist somit ebenfalls zu verneinen.

*Hawes und O'Brien (2006)* hingegen unterstützen die Hypothese und erklären, dass ein anhaltendes Haltungsungleichgewicht bzw. eine andauernde Fehlhaltung des Oberkörpers zu Wirbelsäulendeformitäten führen kann<sup>89</sup>. Ebenso konnten *Jung et al. (2016)* Veränderungen bei der Haltung der Wirbelsäule bei denjenigen Probanden feststellen, die ihr Smartphone länger als 4 Stunden täglich nutzen<sup>113</sup>.

Auch der Vergleich der *MediMouse*<sup>®</sup> Messdaten mit den vorhandenen Referenzwerten deutet auf eine weniger physiologische Körperhaltung durch eine ständige Smartphone-Nutzung hin. Für die Erhebung des *Spine Check Scores* wurden die Messergebnisse der Probanden mit vorhandenen Referenzwerten verglichen. Die Referenzdaten von *Lucamed* wurden 1999 (durch Stephanie Steinbeiß) erhoben. Somit liegt der Zeitpunkt der Erhebung erneut in einem Zeitraum, in dem die Smartphone-Nutzung keinen Einfluss auf die damaligen Probanden haben konnte. Hinsichtlich der Gesamtbewertung konnten die Studienteilnehmenden im Mittel nur Werte von 36 % (von maximal 100 %) erreichen. Ebenso weisen die einzelnen *Spine Check Score* Ergebnisse auf Schwächen im Bereich der Haltung, der Beweglichkeit und der Haltungskompetenz innerhalb des Probandenkollektivs hin.

Des Weiteren ist auffällig, dass bei der vergleichenden Betrachtung der jeweiligen Ergebnisse in Bezug auf die Smartphone-Nutzungsdauer ( $\leq 3$  h;  $> 3$  h), Probanden mit der täglich längeren Smartphone-Nutzung im Mittel geringere Werte erreichen als diejenigen mit kürzerer Nutzung. Eine Ausnahme stellt die Haltungskompetenz dar, bei der diejenigen mit der kürzeren Nutzungsdauer geringere Werte aufweisen. Die Haltungskompetenz beschreibt die Stabilisierung der Wirbelsäule durch die entsprechenden Rumpfmuskeln.

Durch die Betrachtung der ermittelten Messergebnisse im Vergleich mit den Referenzwerten wird somit die Vermutung, dass eine längere Smartphone-Nutzung langfristig negative Auswirkungen auf die Körperhaltung und die Beweglichkeit der Wirbelsäule haben kann, aufrechterhalten. Es sollte allerdings beachtet werden, dass für das Probandenalter von 12 bis 18 Jahren Referenzdaten von 18-Jährigen und für das Probandenalter von 11 Jahren Referenzdaten von 6- bis 8-jährigen Jungen bzw. 9- bis 11-jährigen Mädchen genutzt wurden. Dies könnte die Differenz zwischen den erhobenen Messwerten und den Referenzdaten zumindest in Teilen beeinflusst haben. Zusätzlich sind Ungenauigkeiten der Ergebnisse aufgrund großer Streubreiten im Bereich der Haltung und der Beweglichkeit von gesunden Probanden nicht auszuschließen<sup>114</sup>. In der *Follow-up-Studie* der *Smartphone Neck Studie* sollen die Haltungswerte im Probandenkollektiv auf Veränderungen untersucht werden.

Von besonderem Interesse sind weiterhin die erhobenen Haltungswerte der BWS, da vermutet wird, dass eine andauernde Übergeneigte Kopfhaltung zu einer verstärkten Kyphose führt<sup>115</sup>. Bei der Betrachtung der BWS-Haltungswerte ist auffällig, dass bei Durchführung des Matthiass-Tests die Anzahl der Probanden, die eine Hyperkyphose aufweisen, von 4 % (während der Messung im aufrechten Stand ohne zusätzliche Belastung) auf 8 % (unter zusätzlicher Belastung durch den Matthiass-Test) ansteigt.

Die bei der Durchführung analog zum Matthiass-Test eingenommene Haltung mit nach vorne gehobenen Armen ist vergleichbar mit der Armhaltung während der Smartphone-Nutzung. Das Smartphone ist allerdings deutlich leichter als die dabei verwendeten Hanteln. Trotzdem liegt eine erhöhte Belastung für die Wirbelsäule vor, wodurch eine verstärkte Kyphose entstehen kann. In der Analyse der zweiten Untersuchungsphase sowie in zukünftigen Studien besteht die Notwendigkeit einer näheren Überprüfung dieser Hypothese. Es besteht in der *Follow-up*-Studie die Möglichkeit, die Ausgangswerte und die neuen Messwerte auf Veränderungen und auf das Ausmaß ebendieser, insbesondere in Bezug auf die Smartphone-Nutzungsdauer, zu untersuchen.

### **Mobee®-Messergebnisse**

In der Forschungsfrage IV dieser Dissertation wird thematisiert, ob ein eingeschränktes Bewegungsausmaß der Wirbelsäule eine Folge der längeren Smartphone-Nutzungsdauer ist. Die Korrelationsanalyse nach Spearman zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung der Probanden der *Smartphone Neck Studie* und den erhobenen Bewegungsausmaßen der HWS.

Eine Ausnahme stellt das Gesamtbewegungsausmaß der Rotation dar, wobei sich eine signifikante schwach negative Korrelation zwischen dem Gesamtbewegungsausmaß und der täglichen Nutzungsdauer zeigt ( $r = -0,18$ ;  $p = 0,03$ ). Da die an der Rotation beteiligte Muskulatur zu unterschiedlichen Anteilen auch an den übrigen Bewegungsrichtungen der HWS beteiligt ist und sich bei diesen keine signifikanten Korrelationen zeigen, ist an dieser Stelle ein zufälliges Ergebnis zu vermuten. In Zusammenschau ist somit auch die Teilforschungsfrage IV („Ist ein eingeschränktes Bewegungsausmaß der Wirbelsäule eine Folge einer längeren Smartphone-Nutzungsdauer?“) zu verneinen. *Salvia et al. (2018)* konnten ebenfalls keinen Einfluss auf die Amplitude oder die Geschwindigkeit der zervikalen Mobilität durch die Nutzung von Smartphones identifizieren<sup>116</sup>.

Die durch *Mobee*® erhobenen Gesamtbewegungsausmaße weisen kaum geschlechts- und altersspezifische Unterschiede innerhalb des Probandenkollektivs auf. Die Aussagen von *Denner (1995)* decken sich bezüglich der Geschlechterähnlichkeit<sup>56</sup>. Nach der Metaanalyse von *Pan et al. (2018)* existiert allerdings ein Einfluss des Geschlechts auf die Mobilität. Dabei weisen Frauen in der Regel höhere zervikale Bewegungsmaße auf. Allerdings konnte dieser

Geschlechterunterschied bei jüngeren Probanden (mit einem Alter zwischen 20 und 30 Jahren) ebenfalls statistisch nicht signifikant bestätigt werden<sup>45</sup>. Hinsichtlich des Alters zeigten Denners Ergebnisse und die Metaanalyse von *Pan et al.* altersabhängige Differenzen, mit einer Abnahme der Mobilität bei zunehmendem Lebensalter<sup>45,56</sup>. Da die *Smartphone Neck Studie* Probanden im Alter von 11 bis 18 Jahren untersucht, besteht die Vermutung, dass die Altersspanne zu gering war, um altersspezifische Unterschiede aufzudecken.

Die Betrachtung der *Mobee*<sup>®</sup>-Messergebnisse aufgeteilt nach der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung in kürzer und länger als 3 Stunden weist allerdings auf einen möglichen negativen Einfluss auf die Mobilität der HWS hin. Es ist auffällig, dass die Bewegungsausmaße im Mittel derjenigen, die ihr Smartphone kürzer als 3 Stunden nutzen, stets um wenige Grad höher liegen als derer, die es länger als 3 Stunden täglich verwenden. Die Differenz der Mittelwerte ist bei der Rotationsbewegung mit 6° am größten. Möglicherweise sind die Differenzen in den Bewegungsausmaßen aktuell noch zu gering, um nach der Korrelationsanalyse nach Spearman als signifikant zu gelten.

Nach *Wolf et al. (2017)* unterscheiden sich die Mittelwerte der Bewegungsumfänge der HWS bei Patienten mit chronischen Nackenschmerzen signifikant von denen gesunder Probanden. Allerdings liegen die Messungen weiterhin zu einem großen Anteil im von *Wolf et al. (2017)* definierten Normalbereich, womit nach ihren Ergebnissen durch chronische Nackenschmerzen das Bewegungsausmaß der HWS nicht vermindert wird<sup>117</sup>. In der Studie von *Kauther et al. (2012)* konnte ebenfalls kein Zusammenhang der Variablen identifiziert werden<sup>118</sup>. Andere Studien zeigten hingegen eine signifikante Einschränkung des Bewegungsausmaßes durch chronische Schmerzen<sup>119,120</sup>.

Die Auswirkung auf die Mobilität der HWS ist somit aufgrund der beschriebenen, divergierenden Ergebnisse umstritten. Für eine quantifizierte Aussage über den Zusammenhang der Bewegungsausmaße und der Smartphone-Nutzung sollte in Langzeitstudien der Einfluss der Smartphone-Nutzung auf die Bewegungsausmaße der HWS analysiert werden. Eine Untersuchung der Veränderungen innerhalb eines Jahres sind in der zweiten Phase der *Smartphone Neck Studie* geplant.

#### **5.4 Diskussion des Alters der Probanden unter Einbezug des wissenschaftlichen Kontextes**

Bei der Diskussion der Ergebnisse der *Smartphone Neck Studie* und der vorliegenden Dissertation muss insbesondere das Alter der Probanden berücksichtigt werden. Vier der fünf innerhalb dieser Diskussion genannten Studien mit identifiziertem Zusammenhang zwischen der Smartphone-Nutzung und Beschwerden im Nacken- und Halsbereich wurden mit Probanden älter als 18 Jahre durchgeführt (siehe Kapitel 2.1.3).

Bei Kindern und Jugendlichen treten Verletzungen an der Wirbelsäule seltener auf als bei Erwachsenen<sup>121-123</sup>. Bei dem Vergleich der Wirbelsäulen von Erwachsenen und Jugendlichen scheint die sich bei den Jüngeren noch im Wachstum befindliche Wirbelsäule eine bessere Kompensationsfähigkeit zusätzlicher Belastungen aufzuweisen<sup>121,124</sup>. Aufgrund anatomischer Begebenheiten der Wirbel reagieren Kinder und Jugendliche nach *Mustafy et al. (2018)* weniger sensibel auf Beanspruchungen<sup>125</sup>. Die im Vergleich zu den Erwachsenen noch vorhandenen Wachstumsplatten und Apophysenringe der Wirbel scheinen die Stressantwort positiv zu beeinflussen und damit die Frakturinitiierung an der Wirbelsäule zu verzögern<sup>122,125,126</sup>. Insbesondere die Wachstumsplatten können größere mechanische Belastungen absorbieren<sup>122</sup>. Ab dem 10. Lebensjahr ähnelt die Biomechanik der Wirbelsäule bereits sehr derer Erwachsener<sup>127</sup>. Bis zum Ende der Pubertät unterliegt die Wirbelsäule jedoch weiterhin Veränderungen und wächst<sup>39,40</sup>.

Mit 14,7 Jahren liegt das durchschnittliche Alter der Probanden der *Smartphone Neck Studie* im Wachstumsalter. Dies lässt eine bessere Kompensationsfähigkeit der ständigen zusätzlichen Belastung der Wirbelsäule, aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Wirbel der Studienteilnehmenden gegenüber Erwachsenen bzw. Ausgewachsenen, vermuten. Dieser Aspekt ist als potenzieller Grund für die in der vorliegenden Arbeit fehlenden statistisch signifikanten Korrelationen zwischen akuten Beschwerden im Nackenbereich und der Smartphone-Nutzung zu werten.

Eine weniger sensible Reaktion ist jedoch nicht mit ausbleibenden Auswirkungen gleichzusetzen. Hervorzuheben ist daher, dass während der Wachstumsphase bereits zu minimalen Störungen führende Faktoren letztendlich mit negativen Folgen für die weitere Entwicklung der Wirbelsäule einhergehen können. Sowohl exogene als auch endogene Störungen können die Entstehung von Deformitäten hervorrufen<sup>40</sup>. Zusätzlich gelten bereits in der Kindheit und im Jugendalter auftretende muskuloskeletale Beschwerden als Risikofaktoren für chronische Beschwerden im Erwachsenenalter<sup>128</sup>. Daher sind anknüpfende Studien, die insbesondere auf langfristige Folgen fokussieren, dringend notwendig.

## **5.5 Schlussfolgerung und Ausblick**

Die in Kapitel 2.5 aufgestellten Forschungsfragen wurden in der Diskussion separat aufgegriffen und anhand der erhobenen statistischen Ergebnisse verneint. Somit ist auch die übergeordnete Fragestellung, ob das Smartphone-Nutzungsverhalten negative gesundheitliche Auswirkungen auf die Wirbelsäule und insbesondere den HWS- und Nackenbereich von Jugendlichen im Alter von 11 bis 18 Jahren hat, zum untersuchten Messzeitpunkt nicht zu bestätigen.

Die interindividuelle Betrachtung der Messergebnisse, differenziert nach kürzer und länger als drei Stunden täglich andauernder Smartphone-Nutzung, weist auf potenzielle negative

gesundheitliche Auswirkungen hin. Sowohl die Ergebnisse des *NDI* als auch die erhobenen *Spine Check Score* Werte und Mobilitätswerte der Wirbelsäule resultierten in jeweils schlechteren Ergebnissen bei den Probanden, die das Smartphone täglich länger als drei Stunden nutzen. Zusätzlich zeigten sich erhebliche negative Abweichungen der *Tergumed*<sup>®</sup>- und *MediMouse*<sup>®</sup>-Messergebnisse von den hinterlegten Referenzwerten.

Aufgrund der statistischen Ergebnisse, der interindividuellen Betrachtung der Messdaten und der beschriebenen Limitierungen sowie der Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund der bisherigen Studienlage wird die Durchführung weiterer Studien als dringend notwendig erachtet. Der permanente Gebrauch und die weiterhin ansteigende Nutzeranzahl, insbesondere in jüngeren Altersgruppen, unterstreicht die Relevanz weiterer Untersuchungen. Im Rahmen zukünftiger Studien sollten die Auswirkungen täglicher Smartphone-Nutzung auf die Wirbelsäuleneigenschaften und -funktionen longitudinal über mehrere Messzeitpunkte analysiert werden. Des Weiteren sollten die Daten zur Quantifizierung der Smartphone-Nutzungszeit und des Nutzungsverhaltens anstatt mittels subjektiver Angaben durch objektive Instrumentarien (bspw. mithilfe der stetig verbesserten Speicherung des Nutzungsprofils der Smartphones) erhoben werden. Mithilfe der aufgeführten Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsarbeiten und Studien kann iterativ mehr Transparenz bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen langer Smartphone-Nutzung erzeugt werden. Relevante Vorarbeiten wurden im Rahmen der Arbeit geliefert. Neben der Beantwortung und Diskussion der Forschungsfragen wurde eine solide Basis für anknüpfende Studien geschaffen. Somit wurden die Ziele der vorliegenden Dissertation erreicht.



## 6. Literaturverzeichnis

1. Feierabend S, Rathgeb T, Kheredmand H, Glöckler S. JIM 2020 Jugend, Information, Medien - Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest; 2020.
2. Feierabend S, Rathgeb T, Reutter T. JIM 2019 Jugend, Information, Medien - Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest; 2019.
3. Feierabend S, Karg U, Rathgeb T. 15 Jahre JIM-Studie Jugend, Information, (Multi-) Media Studienreihe zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest; 2013.
4. Feierabend S, Plankenhorn T, Rathgeb T. JIM 2017 Jugend, Information, (Multi-) Media Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest; 2017.
5. Bitkom. Kinder und Jugendliche in der digitalen Welt. 2019. [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-05/bitkom\\_pk-charts\\_kinder\\_und\\_jugendliche\\_2019.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-05/bitkom_pk-charts_kinder_und_jugendliche_2019.pdf) (Zuletzt abgerufen am 10.04. 2021).
6. Bitkom. Kinder und Jugendliche in der digitalen Welt. 2017. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/170512-Bitkom-PK-Kinder-und-Jugend-2017.pdf> (Zuletzt abgerufen am 10.04. 2021).
7. Lutter TM, Christopher; Tropf, Theresa; Böhm, Klaus; Esser, Ralf. Zukunft der Consumer Technology - Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle: Bitcom, 2017.
8. Alhassan AA, Alqadhib EM, Taha NW, Alahmari RA, Salam M, Almutairi AF. The relationship between addiction to smartphone usage and depression among adults: a cross sectional study. *BMC Psychiatry* 2018; **18**(1): 148.
9. Gökçearsan Ş, Mumcu FK, Haşlamam T, Çevik YD. Modelling smartphone addiction: The role of smartphone usage, self-regulation, general self-efficacy and cyberloafing in university students. *Computers in Human Behavior* 2016; **63**: 639-49.
10. Kwon M, Lee J-Y, Won W-Y, et al. Development and validation of a smartphone addiction scale (SAS). *PLoS One* 2013; **8**(2): e56936.
11. Böhmert C. Gute Frage. Schaden Handystrahlen dem Gehirn? . *Gehirn & Geist* 2017; **-(6)**: 56-7.
12. Shah PP, Sheth MS. Correlation of smartphone use addiction with text neck syndrome and SMS thumb in physiotherapy students. *2018* 2018; **5**(6): 2512-6.
13. Inal EE, Demirc İk, Cetİnturk A, Akgonul M, Savas S. Effects of smartphone overuse on hand function, pinch strength, and the median nerve. *Muscle Nerve* 2015; **52**(2): 183-8.
14. Woo H-C, White P, Ng H-K, Lai CWK. Development of Kinematic Graphs of Median Nerve during Active Finger Motion: Implications of Smartphone Use. *PLoS One* 2016; **11**(7): e0158455.
15. Losch D, Groneberg DA, Ohlendorf D, Wanke EM. Handynacken. Text neck. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 2017; **67**(4): 234-6.

16. Barrett JM, McKinnon C, Callaghan JP. Cervical spine joint loading with neck flexion. *Ergonomics* 2020; **63**(1): 101-8.
17. Hansraj KK. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. *Surg Technol Int* 2014; **25**: 277-9.
18. Neupane S, Ali UTI, A M. Text Neck Syndrome - Systematic Review. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research* 2017; **3**(7): 141-8.
19. Oberhofer E. Orthopäden warnen vor dem "Handynacken". *MMW Fortschritte der Medizin* 2016; **158**(7): 234-6.
20. Lee JI, Song HS. The Correlation Analysis between Hours of Smartphone Use And Neck Pain in the Gachon University Students. *The Acupuncture* 2014; **31**(2): 99-109.
21. Yang S-YC, M.-D.; Huang, Y.-C.; Lin, C.-Y.; Chang, J.-H. Association between Smartphone use and musculoskeletal discomfort in adolescent students. *Journal of community health* 2017; **42**(3): 423-30.
22. AlAbdulwahab SS, Kachanathu SJ, AlMotairi MS. Smartphone use addiction can cause neck disability. *Musculoskeletal care* 2017; **15**(1): 10-2.
23. Damasceno GM, Ferreira AS, Nogueira LAC, Reis FJJ, Andrade ICS, Meziat-Filho N. Text neck and neck pain in 18-21-year-old young adults. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2018; **27**(6): 1249-54.
24. Shahar D, Sayers MGL. Author Correction: Prominent exostosis projecting from the occipital squama more substantial and prevalent in young adult than older age groups. *Scientific Reports* 2019; **9**(1): 13707.
25. Toh SH, Coenen P, Howie EK, et al. A prospective longitudinal study of mobile touch screen device use and musculoskeletal symptoms and visual health in adolescents. *Applied ergonomics* 2020; **85**: 103028.
26. Zhuang L, Wang L, Xu D, Wang Z, Liang R. Association between excessive smartphone use and cervical disc degeneration in young patients suffering from chronic neck pain. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association* 2020.
27. Berolo S, Wells RP, Amick BC, 3rd. Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: A preliminary study in a Canadian university population. *Applied ergonomics* 2011; **42**(2): 371-8.
28. Kim H-J, Kim J-S. The relationship between smartphone use and subjective musculoskeletal symptoms and university students. *Journal of Physical Therapy Science* 2015; **27**(3): 575-9.
29. Kim S-Y, Koo S-J. Effect of duration of smartphone use on muscle fatigue and pain caused by forward head posture in adults. *Journal of Physical Therapy Science* 2016; **28**(6): 1669-72.
30. Lee S, Choi YH, Kim J. Effects of the cervical flexion angle during smartphone use on muscle fatigue and pain in the cervical erector spinae and upper trapezius in normal adults in their 20s. *J Phys Ther Sci* 2017; **29**(5): 921-3.
31. Kapandji AI, Rehart S. Funktionelle Anatomie der Gelenke. Stuttgart: Enke; 2016.

32. Stein G, Eysel P, Scheyerer MJ, Meyer C. Expertise Orthopädie und Unfallchirurgie Wirbelsäule: Thieme; 2019.
33. Rohen JW, Lütjen-Drecoll E. Funktionelle Anatomie des Menschen: Lehrbuch der makroskopischen Anatomie nach funktionellen Gesichtspunkten: Schattauer; 2006.
34. Appell H-J, Stang-Voss C. Funktionelle Anatomie des Bewegungsapparates. In: Appell H-J, Stang-Voss C, eds. Funktionelle Anatomie: Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2008: 28-32, 6-45.
35. Schünke MS, Erik; Schumacher, Udo; Voll, Markus; Wesker, Karl. PROMETHEUS Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart: Thieme; 2018.
36. Prescher A. Embryologie, Frühentwicklung und Wachstum der Wirbelsäule. In: Stücker R, Hasler CC, eds. Die Wachsende Wirbelsäule: De Gruyter, Inc.; 2017: 1-14.
37. Bess S, Line B. Embryology and Anatomy: Spine/Spinal Cord. In: Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH, eds. The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 3-13.
38. Labrom RD. Growth and maturation of the spine from birth to adolescence. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 2007; **89 Suppl 1**: 3-7.
39. Dimeglio A, Canavese F, Bonnel F. Normal Growth of the Spine and Thorax. In: Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH, eds. The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 47-82.
40. Stücker R. Die wachsende Wirbelsäule. *Der Orthopäde* 2016; **45**(6): 534-9.
41. Rose S, Voth M, Marzi I. Wirbelsäule. In: Marzi I, ed. Kindertraumatologie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 508-44.
42. Moromizato K, Kimura R, Fukase H, Yamaguchi K, Ishida H. Whole-body patterns of the range of joint motion in young adults: masculine type and feminine type. *Journal of physiological anthropology* 2016; **35**(1): 23.
43. Hwang J, Jung MC. Age and sex differences in ranges of motion and motion patterns. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE* 2015; **21**(2): 173-86.
44. Denner A. Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur: Springer; 1998.
45. Pan F, Arshad R, Zander T, Reitmaier S, Schroll A, Schmidt H. The effect of age and sex on the cervical range of motion – A systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomechanics* 2018; **75**: 13-27.
46. Müller J, Müller S, Stoll J, Fröhlich K, Baur H, Mayer F. Reproducibility of maximum isokinetic trunk strength testing in healthy adolescent athletes. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology* 2014; **30**(3): 229-37.
47. Ben Moussa Zouita A, Ben Salah FZ, Dziri C, Beardsley C. Comparison of isokinetic trunk flexion and extension torques and powers between athletes and nonathletes. *J Exerc Rehabil* 2018; **14**(1): 72-7.
48. Zouita Ben Moussa A, Zouita S, Ben Salah F, Behm D, Chaouachi A. Isokinetic Trunk Strength, Validity, Reliability, Normative Data and Relation to Physical Performance and Low

Back Pain: A Review of Literature. *International journal of sports physical therapy* 2020; **15**(1): 160-74.

49. Mansell J, Tierney RT, Sittler MR, Swanik KA, Stearne D. Resistance Training and Head-Neck Segment Dynamic Stabilization in Male and Female Collegiate Soccer Players. *Journal of Athletic Training* 2005; **40**(4): 310-9.

50. Kubas C, Chen Y-W, Echeverri S, et al. Reliability and Validity of Cervical Range of Motion and Muscle Strength Testing. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2017; **31**(4): 1087-96.

51. Hollmann W, Strüder HK. Sportmedizin : Grundlagen von körperlicher Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5 ed. Stuttgart; New York: Schattauer; 2009.

52. Kroidl RF, Schwarz S, Lehnigk B. Kursbuch Spiroergometrie: Technik und Befundung verständlich gemacht. Stuttgart: Thieme; 2010.

53. Spring H, Dvořák J, Dvořák V. Theorie und Praxis der Trainingstherapie: Beweglichkeit, Kraft, Ausdauer, Koordination. Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag; 2008.

54. Brandes R, Lang F, Schmidt RF. Physiologie des Menschen. Berlin: Springer; 2019.

55. Keller K, Engelhardt M. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles, ligaments and tendons journal* 2013; **3**(4): 346-50.

56. Denner A. Zum Status der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Analysemethoden, Referenzdaten und trainingsbedingte Anpassungserscheinungen: Deutsche Sporthochschule Köln; 1995.

57. Roussel N, Nijs J, Truijten S, Breugelmans S, Claes I, Stassijns G. Reliability of the Assessment of Lumbar Range of Motion and Maximal Isometric Strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2006; **87**(4): 576-82.

58. Maier C, Enax-Krumova E, Rolke R, et al. Schmerzmedizin: Interdisziplinäre Diagnose- und Behandlungsstrategien. 5 ed. München: Urban & Fischer/Elsevier; 2016.

59. Kopf ARHS, R.; Treede, R.-D. Kerncurriculum Schmerzmedizin für die Lehre für das Querschnittfach 14: Schmerzmedizin nach der neuen ärztlichen Approbationsordnung. Deutsche Schmerzgesellschaft e.V.; 2013. p. 8-13.

60. Kirsch J, Keßler J, Bardenheuer H, Draguhn A, Kann O. Schmerz, lass' nach: Eine Einführung in die Grundbegriffe der Schmerzmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018.

61. Kretz F-JS, J.; Terboven, T. Physiologie und Pathophysiologie des Schmerzes. In: Kretz F-J, Schäffer J, Terboven T, eds. Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 455-8.

62. Bornemann-Cimenti H, Lang-Ilievich K. Schmerz. Wien: maudrich; 2019.

63. Kopf A. Basisbuch Q14 Schmerzmedizin: Lehrbuch für das Querschnittfach Schmerzmedizin nach der neuen AO ; (für die Adhoc Kommission Studienordnungen der Deutschen Schmerzgesellschaft e.V.). Deutsche Schmerzgesellschaft; 2015.

64. Konrad C, Schmelz M. Mechanismen der Schmerzentstehung. *Der Internist* 2005; **46**(10): 1115-21.

65. Pak DJ, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. Chronification of Pain: Mechanisms, Current Understanding, and Clinical Implications. *Current Pain and Headache Reports* 2018; **22**(2): 9.
66. Zimmer-Albert C, Pogatzki-Zahn E. Schmerz und Geschlecht. In: Kröner-Herwig B, Frettlöh J, Klinger R, Nilges P, eds. *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017: 699-721.
67. Binglefors K, Isacson D. Epidemiology, co-morbidity, and impact on health-related quality of life of self-reported headache and musculoskeletal pain--a gender perspective. *European journal of pain (London, England)* 2004; **8**(5): 435-50.
68. Pieretti S, Di Giannuario A, Di Giovannandrea R, et al. Gender differences in pain and its relief. *Annali dell'Istituto superiore di sanita* 2016; **52**(2): 184-9.
69. Leresche L. Defining gender disparities in pain management. *Clinical orthopaedics and related research* 2011; **469**(7): 1871-7.
70. Fullerton EF, Doyle HH, Murphy AZ. Impact of sex on pain and opioid analgesia: a review. *Current opinion in behavioral sciences* 2018; **23**: 183-90.
71. Fillingim RB. Sex, gender, and pain: women and men really are different. *Current review of pain* 2000; **4**(1): 24-30.
72. Basler HD. Schmerz und Alter. In: Kröner-Herwig B, Frettlöh J, Klinger R, Nilges P, eds. *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017: 673-86.
73. Kröner-Herwig B, Zernikow B. Schmerz bei Kindern. In: Kröner-Herwig B, Frettlöh J, Klinger R, Nilges P, eds. *Schmerzpsychotherapie: Grundlagen – Diagnostik – Krankheitsbilder – Behandlung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017: 645-72.
74. Sandkühler J, Benrath J. Nozizeptives System von Früh- und Neugeborenen. In: Zernikow B, ed. *Schmerztherapie bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015: 35-48.
75. Wollgarten-Hadamek I, Hohmeister J, Demirakça S, Zohsel K, Flor H, Hermann C. Do burn injuries during infancy affect pain and sensory sensitivity in later childhood? *PAIN®* 2009; **141**(1): 165-72.
76. Hadjistavropoulos T, Herr K, Turk DC, et al. An interdisciplinary expert consensus statement on assessment of pain in older persons. *The Clinical journal of pain* 2007; **23**(1 Suppl): S1-43.
77. Jones GT, Macfarlane GJ. Epidemiology of Pain in Older Persons.; 2005; 2005.
78. Cole LJ, Farrell MJ, Gibson SJ, Egan GF. Age-related differences in pain sensitivity and regional brain activity evoked by noxious pressure. *Neurobiology of Aging* 2010; **31**(3): 494-503.
79. Majedi H, Amini MH, Yousefshahi F, et al. Predicting Factors of Pain Duration in Patients with Chronic Pain: A Large Population-based Study. *Anesthesiology and pain medicine* 2020; **10**(1): e95776.
80. Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther* 1991; **14**(7): 409-15.

81. Cramer H, Lauche R, Langhorst J, Dobos GJ, Michalsen A. Validation of the German version of the Neck Disability Index (NDI). *BMC musculoskeletal disorders* 2014; **15**: 91.
82. MacDermid JC, Walton DM, Avery S, et al. Measurement properties of the neck disability index: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; **39**(5): 400-17.
83. Janssen J, Laatz W. Statistische Datenanalyse mit SPSS: Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests: Springer Berlin Heidelberg; 2016.
84. Held L, Rufibach K, Seifert B. Medizinische Statistik: Konzepte, Methoden, Anwendungen: Pearson Studium; 2013.
85. Afifi AA, Azen SP. Statistical Analysis: A Computer Oriented Approach: Elsevier Science; 2014.
86. Yang SY, Chen MD, Huang YC, Lin CY, Chang JH. Association Between Smartphone Use and Musculoskeletal Discomfort in Adolescent Students. *J Community Health* 2017; **42**(3): 423-30.
87. Apple. iOS12 führt neue Funktionen zum Vermeiden von Unterbrechungen und zur Verwaltung der Screen Time ein. 2018. <https://www.apple.com/de/newsroom/2018/06/ios-12-introduces-new-features-to-reduce-interruptions-and-manage-screen-time/> (Zuletzt abgerufen am 10.04. 2021).
88. Lee S, Kang H, Shin G. Head flexion angle while using a smartphone. *Ergonomics* 2015; **58**(2): 220-6.
89. Hawes MC, O'Brien JP. The transformation of spinal curvature into spinal deformity: pathological processes and implications for treatment. *Scoliosis* 2006; **1**(1): 3.
90. Rohlmann A, Claes L, Bergmann G, Graichen F, Neef P, Wilke H. Comparison of intradiscal pressures and spinal fixator loads for different body positions and exercises. *Ergonomics* 2001; **44**: 781-94.
91. Dreischarf M, Bergmann G, Wilke H-J, Rohlmann A. Different Arm Positions and the Shape of the Thoracic Spine Can Explain Contradictory Results in the Literature About Spinal Loads for Sitting and Standing. *Spine* 2010; **35**(22): 2015-21.
92. Huang M, Hajizadeh K, Gibson I, Lee T. Analysis of compressive load on intervertebral joint in standing and sitting postures. *Technology and Health Care* 2016; **24**: 215-23.
93. Kwon Y, Kim J-W, Heo J-H, Jeon H-M, Choi E-B, Eom G-M. The effect of sitting posture on the loads at cervico-thoracic and lumbosacral joints. *Technol Health Care* 2018; **26**(S1): 409-18.
94. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 1999; **24**(8): 755-62.
95. Rohlmann A, Bergmann G, Graichen F. Loads on internal spinal fixators measured in different body positions. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 1999; **8**(5): 354-9.
96. Claus A, Hides J, Moseley GL, Hodges P. Sitting versus standing: does the intradiscal pressure cause disc degeneration or low back pain? *Journal of electromyography*

and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology 2008; **18**(4): 550-8.

97. Alamin TF, Agarwal V, Zagel A, Qeli A. The effect of standing vs. variants of the seated position on lumbar intersegmental angulation and spacing: a radiographic study of 20 asymptomatic subjects. *J Spine Surg* 2018; **4**(3): 509-15.

98. Liu T, Khalaf K, Naserkhaki S, El-Rich M. Load-sharing in the lumbosacral spine in neutral standing & flexed postures - A combined finite element and inverse static study. *J Biomech* 2018; **70**: 43-50.

99. Mogensen AM, Gausel AM, Wedderkopp N, Kjaer P, Leboeuf-Yde C. Is active participation in specific sport activities linked with back pain? *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2007; **17**(6): 680-6.

100. Auvinen JP, Tammelin TH, Taimela SP, Zitting PJ, Mutanen PO, Karppinen JI. Musculoskeletal pains in relation to different sport and exercise activities in youth. *Medicine and science in sports and exercise* 2008; **40**(11): 1890-900.

101. Auvinen J, Tammelin T, Taimela S, Zitting P, Karppinen J. Neck and shoulder pains in relation to physical activity and sedentary activities in adolescence. *Spine* 2007; **32**(9): 1038-44.

102. Sitthipornvorakul E, Janwantanakul P, Purepong N, Pensri P, van der Beek AJ. The association between physical activity and neck and low back pain: a systematic review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2011; **20**(5): 677-89.

103. Trompeter K, Fett D, Platen P. Prevalence of Back Pain in Sports: A Systematic Review of the Literature. *Sports medicine (Auckland, NZ)* 2017; **47**(6): 1183-207.

104. Cramer H, Lauche R, Hohmann C, Langhorst J, Dobos G. Yoga for chronic neck pain: a 12-month follow-up. *Pain medicine (Malden, Mass)* 2013; **14**(4): 541-8.

105. Strube TB, In-Albon T, Weeß H-G. Machen Smartphones Jugendliche und junge Erwachsene schlaflos? *Somnologie* 2016; **20**(1): 61-6.

106. Christensen MA, Bettencourt L, Kaye L, et al. Direct Measurements of Smartphone Screen-Time: Relationships with Demographics and Sleep. *PLoS One* 2016; **11**(11): e0165331.

107. Demirci K, Akgönül M, Akpınar A. Relationship of smartphone use severity with sleep quality, depression, and anxiety in university students. *Journal of behavioral addictions* 2015; **4**(2): 85-92.

108. Auvinen JP, Tammelin TH, Taimela SP, et al. Is insufficient quantity and quality of sleep a risk factor for neck, shoulder and low back pain? A longitudinal study among adolescents. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2010; **19**(4): 641-9.

109. Andreucci MA, Campbell P, Dunn KM. Are Sleep Problems a Risk Factor for the Onset of Musculoskeletal Pain in Children and Adolescents? A Systematic Review. *Sleep* 2017; **40**(7).

110. Gibson SJ, Farrell M. A review of age differences in the neurophysiology of nociception and the perceptual experience of pain. *The Clinical journal of pain* 2004; **20**(4): 227-39.
111. Han H, Shin G. Head flexion angle when web-browsing and texting using a smartphone while walking. *Applied ergonomics* 2019; **81**: 102884.
112. Lee M, Hong Y, Lee S, et al. The effects of smartphone use on upper extremity muscle activity and pain threshold. *Journal of Physical Therapy Science* 2015; **27**(6): 1743-5.
113. Jung SI, Lee NK, Kang KW, Kim K, Lee DY. The effect of smartphone usage time on posture and respiratory function. *Journal of Physical Therapy Science* 2016; **28**(1): 186-9.
114. MediMouse. MediMouse Anleitung zur Interpretation der Daten. MediMouse; o.J.
115. Joshi S, Balthillaya G, Neelapala YVR. Thoracic Posture and Mobility in Mechanical Neck Pain Population: A Review of the Literature. *Asian spine journal* 2019; **13**(5): 849-60.
116. Salvia P, Cohen R, D'Halluin O, Van Sint Jan S, Feipel V, Beyer B. Effect of heavy and light smartphone use on whole spine curvature profile and cervical mobility in young adults. *Gait & Posture* 2018; **65 Suppl 1**: 144-5.
117. Wolf U, Mendoza S, Kiselev J, Unverzagt S, Behrens J, P. Franke R. Ist die Beweglichkeit der HWS bei Patienten mit chronischem Nackenschmerz eingeschränkt? *Physioscience* 2017; **13**: 102-8.
118. Kauther MD, Piotrowski M, Hussmann B, Lendemans S, Wedemeyer C. Cervical range of motion and strength in 4,293 young male adults with chronic neck pain. *European Spine Journal* 2012; **21**(8): 1522-7.
119. Vogt L, Segieth C, Banzer W, Himmelreich H. Movement behaviour in patients with chronic neck pain. *Physiother Res Int* 2007; **12**(4): 206-12.
120. Woodhouse A, Vasseljen O. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC musculoskeletal disorders* 2008; **9**: 90.
121. Daniels AH, Sobel AD, Ebersson CP. Pediatric Thoracolumbar Spine Trauma. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2013; **21**(12): 707-16.
122. O'Neal ML. The pediatric spine: Anatomical and dynamic considerations preceding manipulation. *Comprehensive Therapy* 2003; **29**(2): 124-9.
123. Srinivasan V, Jea A. Pediatric Thoracolumbar Spine Trauma. *Neurosurgery clinics of North America* 2017; **28**(1): 103-14.
124. Huisman TA, Wagner MW, Bosemani T, Tekes A, Poretti A. Pediatric spinal trauma. *Journal of neuroimaging : official journal of the American Society of Neuroimaging* 2015; **25**(3): 337-53.
125. Mustafy T, Arnoux P-J, Benoit A, Bianco R-J, Aubin C-E, Villemure I. Load-sharing biomechanics at the thoracolumbar junction under dynamic loadings are modified by anatomical features in adolescent and pediatric vs adult functional spinal units. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 2018; **88**: 78-91.
126. Fields AJ, Sahli F, Rodriguez AG, Lotz JC. Seeing double: a comparison of microstructure, biomechanical function, and adjacent disc health between double- and single-layer vertebral endplates. *Spine* 2012; **37**(21): E1310-E7.



127. Klimo P, Jr., Ware ML, Gupta N, Brockmeyer D. Cervical spine trauma in the pediatric patient. *Neurosurgery clinics of North America* 2007; **18**(4): 599-620.
128. Kamper SJ, Henschke N, Hestbaek L, Dunn KM, Williams CM. Musculoskeletal pain in children and adolescents. *Brazilian journal of physical therapy* 2016; **20**(3): 275-84.

## 7. Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Flussdiagramm zur detaillierten Darstellung der Probandenselektion .....	33
Abbildung 2 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> .....	36
Abbildung 3 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit <i>MediMouse</i> <sup>®</sup> .....	37
Abbildung 4 - Exemplarische Darstellung der Messungen mit <i>Mobee</i> <sup>®</sup> .....	38
Abbildung 5 - Geschlechts- und altersspezifische Ergebnisse der täglichen Smartphone-Nutzungsdauer .....	44
Abbildung 6 - Verteilung der Punktzahlen des <i>Neck Disability Index (NDI)</i> .....	46
Abbildung 7 - Genannte potenzielle Folgen der Smartphone-Nutzung auf die Gesundheit...49	
Abbildung 8 - <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> Referenzwertvergleiche HWS und LWS/BWS.....	51
Abbildung 9 - Vergleich der geschlechtsspezifischen Muskelkraftwerte der HWS mit den Referenz-Muskelkraftwerten.....	52
Abbildung 10 - Vergleich der altersspezifischen Muskelkraftwerte der HWS mit den Referenz-Muskelkraftwerten.....	52

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Smartphone-Besitz verschiedener Altersklassen im Jahr 2019 in Deutschland ..11	
Tabelle 2 - Zusammenfassung der Studien zum Stand der Wissenschaft (I/II).....18	
Tabelle 3 - Zusammenfassung der Studien zum Stand der Wissenschaft (II/II) .....19	
Tabelle 4 - Physiologische Bewegungsausmaße der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte <i>nach Schünke et al. (2018)</i> .....23	
Tabelle 5 - Halswirbelsäulenstabilisierende und -bewegende Muskulatur .....25	
Tabelle 6 - Kategorisierung des <i>NDI</i> .....35	
Tabelle 7 - Beispiele für in der <i>Smartphone Neck Studie</i> verwendete Skalenniveaus.....39	
Tabelle 8 - Einteilung und Interpretation des Korrelationskoeffizienten <i>r</i> nach <i>Held</i> .....40	
Tabelle 9 - Charakterisierung des Probandenkollektivs .....42	
Tabelle 10 - Tägliche Smartphone-Nutzungsdauer.....43	
Tabelle 11 - Charakterisierung der Smartphone-Nutzung der Probanden .....45	
Tabelle 12 - Verteilung der Punktzahlen des <i>Neck Disability Index</i> .....46	
Tabelle 13 - Verteilung der Punktzahlen der einzelnen <i>NDI</i> -Themenbereiche .....47	
Tabelle 14 - Messergebnisse Muskelkraftwerte <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> .....49	
Tabelle 15 - <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> -Muskelkraftverhältnisse der HWS.....50	
Tabelle 16 - Messergebnisse <i>MediMouse</i> <sup>®</sup> bei aufrechter Haltung .....53	
Tabelle 17 - BWS-Haltungsanalyse: Auftreten von Hyperkyphose und Hypokyphose .....54	
Tabelle 18 - Messergebnisse <i>Spine Check Score</i> .....54	
Tabelle 19 - Geschlechts- und altersspezifische Ergebnisse des <i>Spine Check Scores</i> .....55	
Tabelle 20 - Messergebnisse <i>Mobee</i> <sup>®</sup> .....56	
Tabelle 21 - Geschlechts- und altersspezifische <i>Mobee</i> <sup>®</sup> -Messergebnisse .....56	

Tabelle 22 - Korrelation zwischen der Dauer der täglichen Smartphone-Nutzung und den <i>NDI</i> -Werten .....	58
Tabelle 23 - <i>NDI</i> -Ergebnisse aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer bzw. länger als 3 Stunden .....	58
Tabelle 24 - Korrelation zwischen der Art der Smartphone-Nutzung und dem <i>NDI</i> .....	59
Tabelle 25 – Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den Stunden Schlaf pro Nacht.....	60
Tabelle 26 - Korrelation zwischen den Stunden Sport pro Woche und dem <i>NDI</i> .....	60
Tabelle 27 - Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den <i>Tergumed</i> <sup>®</sup> -Messergebnissen .....	61
Tabelle 28 - Korrelation der Dauer der Smartphone-Nutzung und den <i>MediMouse</i> <sup>®</sup> -Messergebnissen .....	61
Tabelle 29 - Messergebnisse des <i>Spine Check Scores</i> aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer und länger als 3 Stunden .....	62
Tabelle 30 - Korrelation zwischen der Dauer der Smartphone-Nutzung und den <i>Mobee</i> <sup>®</sup> -Messewerten.....	63
Tabelle 31 - Messergebnisse <i>Mobee</i> <sup>®</sup> aufgetrennt nach der Smartphone-Nutzungsdauer in kürzer und länger als 3 Stunden.....	64
Tabelle 32 - Multiple lineare Regression Vorwärtsselektion.....	65
Tabelle 33 - Multiple lineare Regression Rückwärtsselektion .....	65
Tabelle 34 - Muskelkraftwerte [in N]: männliches Geschlecht.....	100
Tabelle 35 - Muskelkraftwerte [in N]: weibliches Geschlecht .....	101
Tabelle 36 - Muskelkraftwerte [in N]: 11- bis 14-Jährige .....	102
Tabelle 37 - Muskelkraftwerte [in N]: 15- bis 18-Jährige .....	103

Tabelle 38 - Haltungsanalyse: Gesamtkollektiv .....	105
Tabelle 39 - <i>Spine Check Score</i> Ergebnisse: Gesamtkollektiv.....	106
Tabelle 40 - <i>Spine Check Score</i> Ergebnisse: männliches Geschlecht.....	106
Tabelle 41 - <i>Spine Check Score</i> Ergebnisse: weibliches Geschlecht.....	106
Tabelle 42 - <i>Spine Check Score</i> Ergebnisse: 11- bis 14-Jährige .....	107
Tabelle 43 - <i>Spine Check Score</i> Ergebnisse: 14- bis 18-Jährige .....	107
Tabelle 44 - Bewegungsausmaße [in °]: Gesamtkollektiv .....	108
Tabelle 45 - Bewegungsausmaße [in °]: männliches Geschlecht.....	108
Tabelle 46 - Bewegungsausmaße [in °]: weibliches Geschlecht .....	109
Tabelle 47 - Bewegungsausmaße [in °]: 11- bis 14-Jährige.....	110
Tabelle 48 - Bewegungsausmaße [in °]: 15- bis 18-Jährige.....	111

## 7.3 Fragebogen der *Smartphone Neck Studie*



Fragebogen "F1"  
"Smartphone Neck" Studie

### F1a Nutzung des Smartphones

F1a.1: Besitzt Du ein Smartphone?

- Ja  
 Nein

F1a.2: Seit wie vielen Jahren benutzt Du ein Smartphone?

\_\_\_\_\_ Jahre \_\_\_\_\_ Monate

F1a.3: Wie lautet der Hersteller des aktuell benutzten Smartphones?

\_\_\_\_\_

F1a.4: Wie lautet das Modell des aktuellen Smartphones?

\_\_\_\_\_

F1a.5: Wie viele Stunden pro Tag nutzt Du das Smartphone?

- <1 Stunde  
 1 bis 2 Stunden  
 2 bis 3 Stunden  
 3 bis 4 Stunden  
 4 bis 5 Stunden  
 >5 Stunden

F1a.6: Wo und zu welchem Anteil nutzt Du das Smartphone?  
(Die Summe muss 100% ergeben)

- |                 |         |        |
|-----------------|---------|--------|
| - In der Schule | _____ % | } 100% |
| - Zuhause       | _____ % |        |
| - Unterwegs     | _____ % |        |
| - Andere: _____ | _____ % |        |

F1a.7: Wofür und zu welchem Anteil nutzt Du das Smartphone?  
(Die Summe muss 100% ergeben)

- |                 |         |        |
|-----------------|---------|--------|
| - Telefonieren  | _____ % | } 100% |
| - Internet      | _____ % |        |
| - Spiele        | _____ % |        |
| - Chatten/SMS   | _____ % |        |
| - Emails        | _____ % |        |
| - Fotos         | _____ % |        |
| - Andere: _____ | _____ % |        |

Kerpener Straße 62  
50937 Köln  
Telefon +49 221 478-0  
Telefax +49 221 478-4095  
www.uk-koeln.de

Universitätsklinikum Köln (AöR)  
Vorstand: Prof. Dr. Edgar Schömig (Vorsitzender und Ärztlicher Direktor) • Dipl.-Kfm. Günter Zwilling (Kaufmännischer Direktor)  
Prof. Dr. Dr. h. c. Thomas Krieg (Dekan) • Vera Lux (Pflegedirektorin) • Prof. Dr. Peer Eysel (stellv. Ärztlicher Direktor)  
Bank für Sozialwirtschaft Köln • BLZ: 370 205 00 • Konto: 815 0000 • IBAN: DE04 3702 0500 0008 1500 00 • BIC: BFSWDE33XXX  
Steuernummer: 223/5911/1092 • Ust-IdNr.: DE 215 420 431 • IK: 260 530 283  
ÖPNV: Straßenbahn Linie 9 Hst. Lindenburg, Linie 13 Hst. Gleueler Str./Gürtel • Bus Linie 146 Hst. Leibplatz



F1a.8: Wie nutzt Du das Smartphone? (Die Summe muss 100% ergeben)

- |                              |         |        |
|------------------------------|---------|--------|
| - Nur mit einer Hand         | _____ % | } 100% |
| - Mit beiden Händen zusammen | _____ % |        |
| - Im Sitzen                  | _____ % | } 100% |
| - Auf dem Rücken liegend     | _____ % |        |
| - Auf dem Bauch liegend      | _____ % |        |
| - Auf der Seite liegend      | _____ % |        |
| - Während des Gehens         | _____ % |        |
| - Stehend                    | _____ % |        |
| - Andere: _____              | _____ % |        |

F1a.9: Welche anderen elektronischen Medien nutzt Du und wie häufig?  
(Die Summe muss 100% ergeben)

- |   |         |        |
|---|---------|--------|
| - Tablet (z.B. iPad, iPad Mini, Galaxy Tab etc.)  | _____ % | } 100% |
| - Computer  | _____ % |        |
| - Spielkonsole (z.B. Xbox, Playstation, Wii etc.) | _____ % |        |
| - Andere _____                                    | _____ % |        |

F1a.10: Haben Deine Eltern eine zeitliche Einschränkung der Nutzungsdauer Deines Smartphones festgelegt?

- Nein
- Ja      Wenn ja:  weniger als ½ Stunde pro Tag
- ½ bis 1 Stunde pro Tag
- 1 bis 1,5 Stunden pro Tag
- 1,5 bis 2 Stunden pro Tag
- 2 bis 2,5 Stunden pro Tag
- 2,5 bis 3 Stunden pro Tag
- 3 bis 4 Stunden pro Tag
- 4 bis 5 Stunden pro Tag

### F1b Aktuelle muskuloskeletale Beschwerden

F1b.1: Wie viel Sport treibst Du pro Woche?

- gar kein Sport
- <1 Stunde
- 1-3 Stunden
- 3-6 Stunden
- >6 Stunden



F1b.2: Leidest Du aktuell an bekannten Verletzungen oder Erkrankungen der Wirbelsäule oder des Bewegungsapparats unabhängig von der Benutzung Deines Smartphones?

- Nein
- Ja
- Wenn ja, welche: \_\_\_\_\_

F1b.3: Schmerzintensität

- Momentan habe ich keine Schmerzen
- Ich habe im Moment sehr geringe Schmerzen
- Ich habe im Moment mäßige Schmerzen
- Ich habe im Moment ziemlich starke Schmerzen
- Ich habe im Moment sehr starke Schmerzen
- Ich habe im Moment die stärksten Schmerzen, die ich mir vorstellen kann

F1b.4: Persönliche Körperpflege (z.B. Waschen, Anziehen)

- Ich kann meine Körperpflege erledigen, ohne dass dies zusätzliche Schmerzen verursacht
- Ich kann meine Körperpflege erledigen, aber es verursacht mir zusätzliche Schmerzen
- Das Erledigen der Körperpflege ist schmerzhaft, und ich bin dabei langsam und vorsichtig
- Ich brauche etwas Hilfe, aber ich kann den größten Teil meiner Körperpflege selbst besorgen
- Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Verrichtungen meiner Körperpflege
- Ich ziehe mich nicht an, wasche mich nur mit Mühe und bleibe im Bett

F1b.5: Heben

- Ich kann schwere Gegenstände ohne zusätzliche Schmerzen heben
- Ich kann schwere Gegenstände heben, aber dies verursacht zusätzliche Schmerzen
- Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann schwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind (z.B. auf dem Tisch)
- Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind
- Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben
- Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen





F1b.6: Lesen

- Ich kann lesen, soviel ich will, ohne Nackenschmerzen zu bekommen
- Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon leichte Nackenschmerzen
- Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon mäßige Nackenschmerzen
- Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht soviel lesen, wie ich will
- Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum lesen
- Ich kann überhaupt nicht mehr lesen

F1b.7: Kopfschmerzen

- Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen
- Ich habe leichte Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten
- Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten
- Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die regelmäßig auftreten
- Ich habe starke Kopfschmerzen, die regelmäßig auftreten
- Ich habe die meiste Zeit Kopfschmerzen

F1b.8: Konzentration

- Ich kann mich, wenn ich will, ohne Schwierigkeiten voll konzentrieren
- Ich kann mich, wenn ich will, mit leichten Schwierigkeiten voll konzentrieren
- Ich habe ziemliche Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich habe große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich habe sehr große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich kann mich überhaupt nicht konzentrieren

F1b.9: Arbeit / körperliche Tätigkeiten

- Ich kann soviel Arbeit erledigen, wie ich möchte
- Ich kann nur meine übliche Arbeit erledigen, aber nicht mehr
- Ich kann den größten Teil meiner üblichen Arbeit verrichten, aber nicht mehr
- Ich kann meine übliche Arbeit nicht erledigen
- Ich kann kaum eine Arbeit erledigen
- Ich kann überhaupt keine Arbeit erledigen



F1b.10: Längere Zeit geradeaus schauen (bspw. Autofahren, Fernsehen schauen, etc.)

- Ich kann längere Zeit geradeaus schauen, ohne Nackenschmerzen zu bekommen
- Ich kann längere Zeit geradeaus schauen, so lange ich will, mit leichten Nackenschmerzen
- Ich kann längere Zeit geradeaus schauen, so lange ich will, mit mäßigen Nackenschmerzen
- Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht längere Zeit geradeaus schauen, solange ich will
- Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum längere Zeit geradeaus schauen
- Ich kann überhaupt nicht längere Zeit geradeaus schauen

F1b.11: Schlafen

- Ich habe keine Schlafprobleme
- Mein Schlaf ist kaum gestört (weniger als 1 Stunde schlaflos)
- Mein Schlaf ist leicht gestört (1-2 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist mäßig gestört (2-3 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist stark gestört (3-5 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist komplett gestört (5-7 Stunden schlaflos)

F1b.12: Freizeitaktivität – Erholung

- Ich kann alle meine Freizeitaktivitäten ohne Nackenschmerzen ausüben
- Ich kann, wenn auch mit einigen Nackenschmerzen, alle meine Freizeitaktivitäten ausüben
- Wegen Nackenschmerzen kann ich die meisten, aber nicht alle meiner täglichen Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen nur einige meiner Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen kaum irgendwelche Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann überhaupt keine Freizeitaktivitäten ausüben

F1b.13: Bestehen zusätzliche Belastungen der Halswirbelsäule (z.B. bei Ausübung einer bestimmten Sportart, Spielen eines Instruments, etc.)

- Nein.
- Ja. Wenn ja, welche: \_\_\_\_\_



F1b.14: Wie viele Stunden pro Nacht schläfst Du?

- <4 Stunde
- 5 bis 6 Stunden
- 6 bis 7 Stunden
- 7 bis 8 Stunden
- 8 bis 9 Stunden
- >9 Stunden

**F1c Beschwerden während der Smartphone-Nutzung**

F1c.1: Hast Du aktuell bei der Benutzung Deines Smartphones körperliche Beschwerden?

- Nein
- Ja

F1c.2: Zu welchem Anteil liegen nach längerer Benutzung Deines Smartphones entsprechende Beschwerden bei Dir vor? (Summe muss 100% ergeben)

- |  |         |        |
|--|---------|--------|
| - Kopfschmerzen                                | _____ % | } 100% |
| - Nackenschmerzen                              | _____ % |        |
| - Schulterschmerzen                            | _____ % |        |
| - Augenschmerzen                               | _____ % |        |
| - Armschmerzen                                 | _____ % |        |
| - Schmerzen in den Handgelenke                 | _____ % |        |
| - Schmerzen in der Hand bzw. einzelnen Fingern | _____ % |        |
| - Andere Schmerzen: _____                      | _____ % |        |

F1c.3: Kam es durch die Nutzung Deines Smartphones bereits einmal zu einer gefährlichen Situation (Unfall, beinahe Unfall, Verletzung, etc.)

- Nein
- Ja
- Wenn ja, wozu: \_\_\_\_\_

F1c4: Glaubst Du, dass Deine Handynutzung einen Einfluss auf Deine Gesundheit hat?

- Nein
- Ja
- Wenn ja, in welcher Art: \_\_\_\_\_



**F1d Demographische Angaben:**

F1d.1: Alter (in Jahren):

\_\_\_\_\_ Jahre

F1d.2: In welche Klassenstufe gehst Du?

- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.

F1d.3: Welche Schulform besuchst Du?

- Hauptschule
- Realschule
- Gesamtschule
- Gymnasium

F1d.4: Geschlecht

- weiblich
- männlich

F1d.5: Größe (in m):

\_\_\_\_\_ m

F1d.6: Gewicht (in kg):

\_\_\_\_\_ kg

## 7.4 Weitere Ergebnisse - Tergumed®

### Muskelkraftwerte [in N]

Tabelle 34 - Muskelkraftwerte [in N]: männliches Geschlecht

Deskriptive Statistik<sup>a</sup>

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
HWS Muskelkraftwerte Flexion	78	12,6	231,5	112,771	44,7665
HWS Muskelkraftwerte Extension	78	10,7	363,3	181,386	57,0852
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion links	78	10,6	307,8	136,442	54,0943
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion rechts	78	3,6	316,1	147,123	58,0450
LWS/BWS Muskelkraftwerte Flexion	78	102,0	748,3	446,413	133,8546
LWS/BWS Muskelkraftwerte Extension	78	102,9	1158,9	547,621	198,8050
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation links	78	167,0	1397,2	678,206	250,2522
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation rechts	78	183,0	1307,0	639,163	257,2375
Gültige Werte (Listenweise)	78				

a. Geschlecht = männlich



Tabelle 35 - Muskelkraftwerte [in N]: weibliches Geschlecht

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
HWS Muskelkraftwerte Flexion	61	17,3	129,3	81,685	27,1917
HWS Muskelkraftwerte Extension	61	80,4	239,6	149,216	33,5417
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion links	61	31,6	205,0	103,705	32,4992
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion rechts	61	14,7	180,4	114,662	31,0565
LWS/BWS Muskelkraftwerte Flexion	61	204,9	554,9	344,692	74,4215
LWS/BWS Muskelkraftwerte Extension	61	143,7	641,5	422,203	113,5586
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation links	61	177,0	758,6	496,343	151,9700
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation rechts	61	229,2	823,8	452,446	131,5525
Gültige Werte (Listenweise)	61				

a. Geschlecht = weiblich

Tabelle 36 - Muskelkraftwerte [in N]: 11- bis 14-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
HWS Muskelkraftwerte Flexion	67	12,6	198,5	88,899	35,7167
HWS Muskelkraftwerte Extension	67	10,7	304,1	152,387	49,2959
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion links	67	10,6	205,0	106,382	43,2719
HWS Muskelkraftwerte lateral Flexion rechts	67	3,6	242,8	115,122	47,0534
LWS/BWS Muskelkraftwerte Flexion	67	186,9	747,9	381,412	110,6100
LWS/BWS Muskelkraftwerte Extension	67	102,9	906,9	449,381	155,1580
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation links	67	167,0	932,8	526,682	185,8130
LWS/BWS Muskelkraftwerte Rotation rechts	67	183,0	801,6	469,955	161,2639
Gültige Werte (Listenweise)	67				

a. Alter in Jahren getrennt = 11-14 Jahre

Tabelle 37 - Muskelkraftwerte [in N]: 15- bis 18-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

		n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.- Abweichung
HWS	Muskelkraftwerte Flexion	72	17,3	231,5	108,649	43,4463
HWS	Muskelkraftwerte Extension	72	84,7	363,3	181,117	48,1805
HWS	Muskelkraftwerte lateral Flexion links	72	55,2	307,8	136,679	48,9231
HWS	Muskelkraftwerte lateral Flexion rechts	72	67,3	316,1	149,400	48,4211
LWS/BWS	Muskelkraftwerte Flexion	72	102,0	748,3	420,719	130,2764
LWS/BWS	Muskelkraftwerte Extension	72	186,5	1158,9	532,782	188,5891
LWS/BWS	Muskelkraftwerte Rotation links	72	177,0	1397,2	665,129	248,8309
LWS/BWS	Muskelkraftwerte Rotation rechts	72	229,2	1307,0	638,429	255,2399
Gültige Werte (Listenweise)		72				

a. Alter in Jahren getrennt = 15-18 Jahre



## Bestätigungsschreiben Referenzwerte

**proxomed®**

proxomed® Medizintechnik GmbH | Daimlerstraße 6 | 63755 Alzenau

Frau  
Sirin Heyer  
Hildegard-von-Bingen-Allee 3  
50933 Köln

proxomed® Medizintechnik GmbH  
Daimlerstraße 6 | 63755 Alzenau  
info@proxomed.com | www.proxomed.com

☎ +49 6023 9168-0 | 📠 +49 6023 9168-68  
Geschäftsführer: Marcus Melching (CEO)

Aschaffenburg HRB 7613  
USt-IdNr. DE 128 368 371 | USt-Nr. 204 135 408 02  
UniCredit Bank - HypoVereinsbank  
IBAN DE09 7952 0070 0366 8052 81  
SWIFT (BIC) HYVEDEMM407

Alzenau, den 09. Juli 2018

Sehr geehrte Frau Heyer,

hiermit bestätigen wir Ihnen folgenden Sachverhalt in Bezug auf die Referenzwerte und das tergumed-Rückenkonzept:

Die in der BfMC-Software verwendeten Referenzwerte beruhen auf den erfassten Daten von Achim Denner, die dieser im Rahmen seiner Dissertation im Jahre 1995 veröffentlicht hat.

Dr. Wulfram Harter hat nachfolgend, im Auftrag der Firma proxomed Medizintechnik GmbH, eine Kreuzkorrelation zu diesen FPZ-Referenzwerten hergestellt, damit diese für die tergumed-Rückensysteme anwendbar sind.

Mit den besten Grüßen aus Alzenau



i. A. Andreas Schönleben  
Qualitätsmanagement  
proxomed® Medizintechnik GmbH



i. A. Dr. Franziska Reinhard  
Produktmanagement  
proxomed® Medizintechnik GmbH

## 7.5 Weitere Ergebnisse - MediMouse®

### Haltungsanalyse

Tabelle 38 - Haltungsanalyse: Gesamtkollektiv

#### Deskriptive Statistik

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Haltungsanalyse Flexion BWS [in °]	135	33	87	62,19	9,973
Haltungsanalyse Flexion LWS [in °]	135	8	56	34,64	9,493
Haltungsanalyse Flexion Sakrum [in °]	135	20	125	54,38	17,196
Haltungsanalyse Flexion Inklination [in °]	135	62	164	98,84	15,379
Haltungsanalyse Flexion Spine Length [in cm]	135	417	657	524,81	51,696
Haltungsanalyse Matthiasss- Test BWS [in °]	135	22	80	39,90	9,430
Haltungsanalyse Matthiasss- Test LWS [in °]	135	-47	13	-21,75	10,735
Haltungsanalyse Matthiasss- Test Sakrum [in °]	135	-30	21	-1,84	9,787
Haltungsanalyse Matthiasss- Test Inklination [in °]	135	-25	3	-9,29	4,764
Haltungsanalyse Matthiasss- Test Spine Length [in cm]	135	321	545	436,27	44,707
Gültige Werte (Listenweise)	135				

### Spine Check Score Ergebnisse [in %]

Tabelle 39 - Spine Check Score Ergebnisse: Gesamtkollektiv

#### Deskriptive Statistik

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Gesamtbewertung	134	14	70	36,40	11,281
Haltung	134	6	82	44,20	18,649
Beweglichkeit	134	14	94	41,52	17,791
Haltungskompetenz	134	0	78	28,46	16,891
Gültige Werte (Listenweise)	134				

Tabelle 40 - Spine Check Score Ergebnisse: männliches Geschlecht

#### Deskriptive Statistik<sup>a</sup>

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Gesamtbewertung	76	14	70	37,13	12,077
Haltung	76	6	82	45,33	19,619
Beweglichkeit	76	14	87	43,11	18,278
Haltungskompetenz	76	1	78	28,08	17,386
Gültige Werte (Listenweise)	76				

a. Geschlecht = männlich

Tabelle 41 - Spine Check Score Ergebnisse: weibliches Geschlecht

#### Deskriptive Statistik<sup>a</sup>

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Gesamtbewertung	58	16	60	35,45	10,167
Haltung	58	18	82	42,72	17,353
Beweglichkeit	58	18	94	39,45	17,068
Haltungskompetenz	58	0	72	28,97	16,357
Gültige Werte (Listenweise)	58				

a. Geschlecht = weiblich

Tabelle 42 - *Spine Check Score* Ergebnisse: 11- bis 14-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Gesamtbewertung	64	18	70	37,91	11,533
Haltung	64	21	82	48,30	19,348
Beweglichkeit	64	14	94	44,59	18,955
Haltungskompetenz	64	1	78	27,16	16,090
Gültige Werte (Listenweise)	64				

a. Alter in Jahren getrennt = 11-14 Jahre

Tabelle 43 - *Spine Check Score* Ergebnisse: 14- bis 18-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Gesamtbewertung	70	14	61	35,03	10,946
Haltung	70	6	82	40,46	17,285
Beweglichkeit	70	14	87	38,71	16,289
Haltungskompetenz	70	0	78	29,66	17,622
Gültige Werte (Listenweise)	70				

a. Alter in Jahren getrennt = 15-18 Jahre

## 7.6 Weitere Ergebnisse - Mobe®

### Bewegungsausmaße [in °]

Tabelle 44 - Bewegungsausmaße [in °]: Gesamtkollektiv

#### Deskriptive Statistik

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion	139	32	94	63,01	11,055
Extension	139	42	125	77,32	14,990
Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension	139	88	196	140,32	19,509
links Lateralflexion	139	32	103	53,93	10,027
rechts Lateralflexion	139	34	92	51,48	9,391
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion	139	71	195	105,41	17,643
links Rotation	139	53	115	82,22	11,345
rechts Rotation	139	45	109	79,84	10,964
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation	139	105	209	162,06	19,367
Gültige Werte (Listenweise)	139				

Tabelle 45 - Bewegungsausmaße [in °]: männliches Geschlecht

#### Deskriptive Statistik<sup>a</sup>

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion	78	32	88	64,49	10,145
Extension	78	42	125	76,94	15,872
Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension	78	88	196	141,42	19,713
links Lateralflexion	78	32	103	52,94	11,124
rechts Lateralflexion	78	34	92	51,71	10,199
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion	78	71	195	104,64	19,511
links Rotation	78	53	115	83,09	12,786
rechts Rotation	78	49	109	80,03	10,863
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation	78	105	209	163,12	20,486

a. Geschlecht = männlich

Tabelle 46 - Bewegungsausmaße [in °]: weibliches Geschlecht

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion	61	38	94	61,11	11,937
Extension	61	51	106	77,80	13,896
Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension	61	94	189	138,92	19,315
links Lateralflexion	61	36	73	55,20	8,338
rechts Lateralflexion	61	34	75	51,20	8,318
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion	61	72	143	106,39	15,020
links Rotation	61	63	100	81,11	9,165
rechts Rotation	61	45	100	79,61	11,178
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation	61	118	200	160,72	17,912
Gültige Werte (Listenweise)	61				

a. Geschlecht = weiblich

Tabelle 47 - Bewegungsausmaße [in °]: 11- bis 14-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion	67	32	88	63,57	10,778
Extension	67	48	125	79,36	14,857
Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension	67	97	178	142,93	17,436
links Lateralflexion	67	32	72	52,46	9,643
rechts Lateralflexion	67	34	75	51,06	9,195
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion	67	71	143	103,52	16,758
links Rotation	67	53	112	81,97	11,081
rechts Rotation	67	54	109	81,85	10,750
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation	67	112	203	163,82	18,878
Gültige Werte (Listenweise)	67				

a. Alter in Jahren getrennt = 11-14 Jahre

Tabelle 48 - Bewegungsausmaße [in °]: 15- bis 18-Jährige

*Deskriptive Statistik<sup>a</sup>*

	n	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Flexion	72	41	94	62,49	11,357
Extension	72	42	120	75,42	14,966
Gesamtbewegungsausmaß Flexion/Extension	72	88	196	137,90	21,090
links Lateralflexion	72	35	103	55,29	10,251
rechts Lateralflexion	72	34	92	51,88	9,618
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Lateralflexion	72	72	195	107,17	18,369
links Rotation	72	56	115	82,46	11,658
rechts Rotation	72	45	97	77,97	10,903
Gesamtbewegungsausmaß links/rechts Rotation	72	105	209	160,43	19,802
Gültige Werte (Listenweise)	72				

a. Alter in Jahren getrennt = 15-18 Jahre