

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum für Onkologie, Universitäres Cancer Center Hamburg (UCCH)

Professor Dr. Karsten Bokemeyer

Vergleichende Evaluation von subjektiv berichteter und objektiv gemessener körperlicher Aktivität bei jungen Erwachsenen nach einer Krebserkrankung im Kinder-/Jugend- oder jungen Erwachsenenalter

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin /Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Stanislaus Gröhnke

aus Hamburg

Hamburg 2023

Angenommen von der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 21.11.2023

Veröffentlicht mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Ulrike Ravens-Sleberer

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Alexander Stein

Inhalt

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Maligne hämatoonkologische Erkrankungen in Deutschland	1
1.1.1.	Definition maligne Erkrankungen	1
1.1.2.	Krebs bei jungen Erwachsenen	1
1.2.	Einführung – Folgen hämatoonokologischer Erkrankungen bei jungen Erwachsenen.....	3
1.2.1.	Symptome maligner Erkrankungen bei jungen Erwachsenen	3
1.2.2.	Therapie maligner hämatoonkologischer Erkrankungen	5
1.2.3.	Körperliche Folgen der Therapie maligner Erkrankungen	7
1.2.4.	Psychosoziale Folgen einer Krebserkrankung im jungen Erwachsenenalter	10
1.2.5.	Finanziell – Berufliche Folgen einer Krebserkrankung für junge Erwachsene	11
1.2.6.	Fazit – Prognose und Langzeitfolgen für junge Erwachsene nach einer Krebserkrankung.....	12
1.3.	Prävention von hämatoonkologischen Erkrankungen bei jungen Erwachsenen	13
1.3.1.	Bewegung als Mittel zur Prävention	14
1.4.	Einführung – Methoden zur Bestimmung der körperlichen Aktivität	15
1.4.1.	Objektive Methoden zur Erfassung des körperlichen Aktivitätsniveaus	17
1.4.2.	Subjektive Erfassung des Aktivitätsniveaus von ProbandInnen	22
1.5.	Vergleich von objektiv gemessener und subjektiv berichteter körperlicher Aktivität.....	26
1.6.	Ausblick körperliche Aktivität für junge Erwachsene nach hämatoonkologischer Erkrankung.....	27
2.	Forschungsfragen.....	29

3.	Methodik	31
3.1.	Ablauf PatientInneneinschluss.....	31
3.1.1.	Einschlusskriterien	31
3.1.2.	PatientInnenaufklärung und -einverständnis	31
3.1.3.	Vergabe des Pseudonyms/PatientInnen-ID	31
3.1.4.	Ablehnung der Studienteilnahme	32
3.1.5.	Genehmigung und Registrierung der Studie	32
3.1.6.	PatientInnenkollektiv	32
3.2.	Datenerhebung.....	32
3.2.1.	Erhebung von medizinischen Daten im Erstkontakt	32
3.2.2.	Datenerhebung zur körperlichen Aktivität im Erstkontakt	33
3.2.3.	Datenerhebung im Folgekontakt	33
3.3.	Erläuterungen zu den gemessenen Parametern	34
3.3.1.	Anthropometrische Erhebungen.....	34
3.3.2.	Verwendete subjektive Erfassungsmethoden	35
3.3.3.	Verwendete Objektive Erfassungsmethoden	36
3.4.	Datenauswertung	39
3.4.1.	Primäre Fragestellung	39
3.4.2.	Sekundäre Fragestellung	42
3.4.3.	Tertiäre Fragestellung	43
3.4.4.	Statistik.....	44
4.	Ergebnisse.....	45
4.1.	Baseline-Variablen und Fragebogenrücklauf.....	45
4.2.	Soziodemographische und biometrische Variablen.....	46
4.3.	Objektive Einschätzung des Aktivitäts- und körperlichen Leistungsniveaus	48
4.4.	Subjektive Einschätzung des Aktivitätsniveaus	50

4.5.	Beantwortung der primären Fragestellung	51
4.6.	Beantwortung der sekundären Fragestellung.....	54
4.7.	Beantwortung der Tertiären Fragestellung	55
4.7.1.	Prüfung der Hypothesen	56
5.	Diskussion	57
5.1.	Diskussion der primären Fragestellung	57
5.2.	Diskussion der sekundären Fragestellung.....	62
5.3.	Diskussion der tertiären Fragestellung	65
5.4.	Fazit.....	67
6.	Zusammenfassung	70
7.	Summary	71
8.	Abkürzungsverzeichnis	72
9.	Quellenverzeichnis	74
10.	Anhänge	85
10.1.	Tabellen.....	85
10.2.	Abbildungen	92
11.	Danksagung.....	105
12.	Curriculum Vitae	106
13.	Eidesstattliche Erklärung	108

1. Einleitung

1.1. Maligne hämatookologische Erkrankungen in Deutschland

1.1.1. Definition maligne Erkrankungen

Jedes Jahr erkranken in Deutschland circa 480.000 Personen (davon 220.000 Frauen und 260.000 Männer) an Krebs (Robert Koch-Institut, 2016). Zudem ist die Gesamtheit der Krebserkrankungen die zweithäufigste Todesursache in Deutschland (Robert Koch-Institut, 2016). Im Jahr 2018 kam es zu fast 230.000 Todesfällen (Krebsregisterdaten, 2017). Jeder zweite Mensch in Deutschland muss damit rechnen, im Laufe des Lebens mindestens einmal an Krebs zu erkranken. (Krebsregisterdaten, 2017). Es ist dabei nicht abzusehen, dass in naher Zukunft Krebserkrankungen weniger relevant für unsere Gesellschaft werden. Im Gegenteil: Seit Anfang der 1970er Jahre hat sich die absolute Anzahl der Neuerkrankungen in Deutschland fast verdoppelt, während die Gesamtbevölkerungszahl lediglich um circa 10 % angestiegen ist (Robert Koch-Institut, 2016). Aufgrund der Tatsache, dass die Inzidenz dieser Erkrankungen mit steigendem Alter zunimmt, ist der aktuelle demographische Wandel der deutschen Bevölkerung ein wichtige Ursache für diese Entwicklung (Aigner et al., 2016a). Im Jahr 2016 betrug das Durchschnittsalter in Deutschland 44,3 Jahre (Bevölkerungsforschung, 2018). Im Vergleich zur Bevölkerungsstruktur von 1996 (Bevölkerungsforschung, 2018) ist dies eine Steigerung von 10 % oder um 4,1 Jahre.

Krebserkrankungen sind ein tiefer persönlicher Einschnitt für betroffene Individuen, sie sind aber auch ein großer Faktor für das Gesundheitssystem in Deutschland. Im Jahr 2015 waren diese Krankheitsbilder für knapp ein Fünftel der krankheitsbedingt verlorenen Lebenszeit und –qualität verantwortlich (Bevölkerungsforschung, 2018). Nach Informationen des statistischen Bundesamtes belaufen sich die Kosten von malignen Erkrankungen auf rund 19,9 Mrd. € pro Jahr (Schlander et al., 2018).

1.1.2. Krebs bei jungen Erwachsenen

Obwohl das mittlere Neuerkrankungsalter bei fast 70 Jahren liegt, sind auch junge Menschen von der Diagnose maligner Erkrankungen betroffen (Krebsregisterdaten, 2017). Im Jahr 2016 erhielten ungefähr 17.000 Menschen zwischen 15 und 39 Jahren

die Diagnose einer Krebserkrankung unterschiedlicher Entität, knapp 1.900 von ihnen verstarben (Krebsregisterdaten, 2017). Junge Erwachsene im Alter von 15 – 39 Jahren, die eine Krebserkrankung überstanden haben, werden in der Forschung unter dem Begriff AYAs (Adolescents and Young Adults) zusammengefasst (Hilgendorf et al., 2016).

Im Vergleich zur älteren Bevölkerung stellt die Gruppe der AYAs (Adolescents and young adultes) nur einen relativ geringen Anteil der Erkrankten (2016: 3,5%) dar (Krebsregisterdaten, 2017). Dennoch sind maligne Erkrankungen auch hier von großer Bedeutung, weil in einem so jungen Erkrankungsalter eine größere Anzahl noch kommender Lebensjahre verloren gehen kann. (Krebsregisterdaten, 2017).

Die Epidemiologie von Krebserkrankungen im jungen Erwachsenenalter unterscheidet sich wesentlich vom Erkrankungsspektrum des Kindes- oder höheren Erwachsenenalters. Die fünf häufigsten Entitäten der jungen Erwachsenen sind: Brust- und Hodenkrebs, das Maligne Melanom, Schilddrüsenkrebs und das Hodgkin-Lymphom. Sie waren im Zeitraum 2010 bis 2012 zusammen für rund 58 % der Neuerkrankungen dieser Altersgruppe verantwortlich (Pritzkeleit and Katalinic, 2016) (siehe Tabelle 1). Die geschlechtsspezifischen Malignome, also Hoden- und Brusttumore, machten über 30 % der Krebserkrankungen der AYA-Gruppe aus (Pritzkeleit and Katalinic, 2016).

Im Vergleich zu älteren PatientInnen ist die Langzeitprognose für junge, an Krebs erkrankte Erwachsene deutlich besser. Für die häufigste Krebsentität bei jungen erwachsenen Männern, dem malignen Hodentumor, lag die 10-Jahres-Überlebensrate bei 98 %, bei PatientInnen mit malignen Erkrankungen der Brustdrüse lag sie bei 85 % (Robert Koch-Institut, 2016). Insgesamt lag das relative 5-Jahres-Überleben von 15- bis 44-jährigen PatientInnen von malignen hämatologischen Erkrankungen im Jahr 2016 über alle Entitäten gemittelt bei rund 83 % (Krebsregisterdaten, 2017). Die Rate der Überlebenden in der jungen Kohorte lag auch nach 10 Jahren noch bei 81 %. PatientInnen der Altersklasse von 75 und älter wiesen dagegen ein relatives 5-Jahres-Überleben von nur 50 % (Krebsregisterdaten, 2017) auf.

1.2. Einführung – Folgen hämatoonokologischer Erkrankungen bei jungen Erwachsenen

Multimodale Therapiekonzepte eröffnen einer immer größeren Zahl von betroffenen PatientInnen eine Chance auf Heilung. Die intensiveren Therapien und die höhere Zahl an Überlebenden führt zu einem vermehrten Auftreten von Akut- und Langzeitnebenwirkungen. Trotz erfolgreicher Therapie kann es im Verlauf zu Spättoxizitäten und Zweitmalignomen kommen (Woodward et al., 2011). Etwa zwei Drittel der AYAs leiden unter therapiebedingten Langzeitfolgen (Oeffinger et al., 2006). Um das langfristige Überleben und die Lebensqualität dieser Kohorte weiter zu verbessern, ist es essentiell, in diesen Bereichen weiter zu forschen. Neben körperlichen Folgen von Erkrankung und Therapie müssen sowohl psychosoziale als auch finanzielle und berufliche Konsequenzen beleuchtet werden (Heußner et al., 2016). Im Anschluss werden die kurz- und langfristigen Folgen für an Krebs erkrankte junge Erwachsene erläutert.

1.2.1. Symptome maligner Erkrankungen bei jungen Erwachsenen

Die Symptomatiken des jeweiligen Malignoms wirken sich unmittelbar auf die Krebserkrankten aus. Diese variieren je nach Entität, Lokalisation und Schweregrad der Erkrankung. Folgend werden beispielhaft die drei häufigsten Krebsarten der AYA-PatientInnen näher beleuchtet: Hodenkrebs, Brustkrebs und das Maligne Melanom.

Hodenkrebs ist die häufigste Malignität bei Männern zwischen 14 und 44 Jahren (Cheng et al., 2018). In westlichen Ländern ist die Inzidenz der Erkrankung über die letzten 20 Jahre gestiegen. Für die Entstehung sind sowohl Umwelt- als auch genetische Faktoren verantwortlich. Ein bestehender oder vorhergegangener Hodenhochstand stellt den größten Risikofaktor für die Entwicklung eines Malignoms der Hoden dar (Cheng et al., 2018). In der klinischen Präsentation zeigen sich Hodentumore meist als schmerzlose skrotale Schwellung oder Verhärtung des Hodens. Weitere Auffälligkeiten, die zur Diagnose eines Hodentumores führen können, sind Schmerzen im Hodenbereich, oder radiologische Zufallsbefunde. (Cheng et al., 2018). Zeichen einer Metastasierung, wie Rückenschmerzen, Dyspnoe oder Gewichtsverlust, treten nur selten auf (Lorch et al., 2016).

Brustkrebs ist die häufigste Krebsentität bei 15- bis 39-jährigen Frauen. Insgesamt ist diese Altersgruppe dennoch nur für etwa 5,6 % der Gesamtheit der invasiven Brustkrebserkrankungen verantwortlich (Krebsregisterdaten, 2017). Im Vergleich zu älteren Patientinnen weisen junge, betroffene Frauen eine höhere Wahrscheinlichkeit einer genetischen familiären Vorbelastung auf (Johnson et al., 2018). Zudem haben sie häufig eine schlechtere Prognose durch einen größeren Primärtumor oder eine bereits bestehende Fernmetastasierung zum Zeitpunkt der Diagnose, sowie durch häufig bestehende ungünstige biologische Charakteristika des Malignoms (Johnson et al., 2018). In der Symptomatik fällt das Mammakarzinom primär durch einen tastbaren Knoten in der Brust auf. Etwa die Hälfte der Tumore findet sich im supero-lateralen Quadranten der Brust (Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG), 2020). Weitere mögliche Symptome können Veränderungen der Brustwarze oder -größe, sowie Einziehungen oder andere Auffälligkeiten der Haut wie eine Schwellung in der Achselhöhle sein. Letzteres ist dabei bereits Symptom einer lymphogenen Metastasierung (Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG), 2020). Auch Schmerzen in den Knochen oder im Unterleib, sowie unspezifische Beschwerden wie Atemnot, Übelkeit oder Erschöpfung, können auf ein fortgeschrittenes Krankheitsstadium hinweisen (Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG), 2020).

Im Jahr 2016 kam es in Deutschland zu etwa 2500 Neuerkrankungen des Malignen Melanoms in der Gruppe der AYAs. Die Erkrankung zeigte eine relative Rate von 93 % für das 10-Jahres-Überleben in dieser Altersgruppe (Robert Koch-Institut, 2016). Im Kindesalter (0-14 Jahre) ist das Maligne Melanom eine sehr seltene Erkrankung, während die Inzidenz in der Altersklasse 15 -39 deutlich ansteigt und hier knapp 14 % der Krebserkrankungen ausmachte (Pritzkeleit and Katalinic, 2016). Bisher gab es erst wenige Studien, die sich mit dem Melanom als spezifischer Erkrankung der jungen Erwachsenen befassen (Indini et al., 2018). Die Melanome der jüngeren PatientInnen scheinen ähnliche biologische Charakteristika und einen ähnlichen klinischen Verlauf wie bei älteren PatientInnen aufzuweisen (Indini et al., 2018). Dennoch scheint der Fortschritt in der Therapie älterer PatientInnen nicht direkt auf jüngere Erkrankte übertragbar zu sein (Indini et al., 2018). Bisher besteht kein spezifisches Behandlungskonzept für AYAs, hinzu kommt der erschwerte Zugang zu klinischen Studien für unter 18-jährige PatientInnen (Indini et al., 2018).

1.2.2. Therapie maligner hämatoonkologischer Erkrankungen

Zur Behandlung bösartiger Tumorerkrankungen stehen verschiedene und vielfältige Optionen zur Verfügung. Je nach Entität, Stadium und Lokalisation variiert das Therapieregime. Die drei Hauptsäulen der Krebstherapie stellen die Chirurgie, die Strahlen- und die Chemotherapie dar (Aigner et al., 2016b). Eine weitere moderne Behandlungsstrategie ist die Immuntherapie (Aigner et al., 2016b). Hier wird medikamentös versucht, die Mechanismen des Tumors zur Täuschung des Immunsystems auszuhebeln (Sankawa, 2014).

Bei der chirurgischen Entfernung von Tumoren ist es das Ziel, den Tumor als Ganzes zu exzidieren und alle potenziell mitbetroffenen Regionen in der direkten Umgebung des Tumors ebenfalls zu entfernen. Bei einigen Entitäten, insbesondere bei Hauttumoren in frühen Stadien, stellt die Chirurgie eine wirksame, dennoch einfache und schnelle Methode dar (Aigner et al., 2016b). Bei weiter fortgeschrittenen Erkrankungen wird versucht, die drainierenden Lymphknoten der Region direkt mit zu entfernen. Dieses Verfahren bezeichnet man als „En-bloc“-Resektion (Aigner et al., 2016b). Der Heilungserfolg einer operativen Therapie hängt maßgeblich von einer frühzeitigen Diagnose und einer zeitnahen chirurgischen Therapie ab. Der Eingriff muss stattfinden, bevor der Tumor Fernmetastasen bilden kann (Aigner et al., 2016b).

Die Strahlentherapie basiert auf der Grundlage der Sensitivität sich teilender Zellen auf ionisierende Strahlung oder Teilchenstrahlung. Je schneller sich Zellen teilen, desto verwundbarer sind sie gegenüber den schädlichen Einflüssen der Strahlung. Da sich maligne Tumore durch eine sehr hohe Zellteilungsrate auszeichnen, ist es möglich, die Zerstörung von Tumorzellen mit einer nur minimalen Schädigung des angrenzenden Gewebes zu erreichen (Wannenmacher et al., 2006). Ein Nachteil der Strahlentherapie ist bei einigen Therapiekonzepten die Dauer der Behandlung. Viele Therapieregime müssen über einen Zeitraum von mehreren Wochen stattfinden. Im Design neuer Strahlentherapieregime werden daher immer mehr hypofraktionierte Therapiepläne entwickelt. Bei einigen Krebsentitäten, wie zum Beispiel Brust, Rektum und Prostata ist im Rahmen einer hypofraktionierten Strahlentherapie nur eine Therapiedauer von zirka einer Woche notwendig.

Unter dem Begriff „Chemotherapeutika“ versteht man medikamentöse Interventionen, die, ähnlich wie in der Strahlentherapie, ihre Wirkung primär bei sich schnell teilenden

Zellen entfalten. Chemotherapeutika lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Strukturen und Wirkmechanismen in verschiedene Gruppen einteilen (Aigner et al., 2016b). Die etabliertesten Gruppen werden im Folgenden vorgestellt: Antimetabolite gehören zu einer Gruppe tumorwirksamer Substanzen, die in die Synthese der DNS (Desoxyribonukleinsäure) eingreifen. DNS-schädigende Substanzen wie Cyclophosphamid, Ifosfamid oder Melphalan schädigen direkt die Erbsubstanz der Zellen. Mitosehemmstoffe wie Vinca-Alkalodie oder Taxane greifen in den Mitosevorgang der Zelle ein.

Immuntherapien basieren auf der Aktivierung des Immunsystems gegenüber dem Tumor. Tumore exprimieren auf ihrer Oberfläche Antigene, durch welche das Immunsystem die Zellen erkennen und anschließend zerstören kann (Sankawa, 2014). Viele Tumore entwickeln sich aber so, dass sie diese Merkmale nicht mehr zeigen und damit den Erkennungsmechanismen des Immunsystems entgehen können. Hier greifen Immuntherapien an: Die Medikamente können die krebsbedingte Blockade des Immunsystems aufheben und so ermöglichen, dass Erkennung und Vernichtung der betroffenen Zellen wieder vorgenommen werden können (Sankawa, 2014). Im Rahmen moderner Therapiestrategien werden auch vermehrt direkte zelluläre Immuntherapien angewendet. Hierfür werden bei bestimmten Leukämien und Lymphomen chimäre-Antigen-Rezeptoren (CAR) in entnommene T-Lymphozyten der PatientInnen integriert. Die veränderten CAR-T-Zellen werden daraufhin den PatientInnen wieder zugeführt, docken an die Tumorzellen an, aktivieren das Immunsystem und führen somit zur Zerstörung malignen Zellen (Bonini and Mondino, 2015).

In den letzten Jahren wurde die Therapie von Krebserkrankungen individualisierter und zielgerichteter. Das Verständnis der molekularen und biochemischen Mechanismen karzinogener Prozesse führte zur Entwicklung verschiedener Kombinationsmöglichkeiten der Therapieoptionen (Chen and Malhotra, 2015). Durch die Verbindung verschiedener Therapeutika ist es nunmehr möglich, den Tumor auf mehreren Wegen gleichzeitig zu attackieren. Dadurch soll die Effektivität der Therapie bei paralleler Minimierung der Nebenwirkungen vorangetrieben werden (Chen and Malhotra, 2015). Aktuell wird an verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten unterschiedlicher Therapiestrategien geforscht, um zukünftig eine noch bessere Prognose für betroffene PatientInnen zu erreichen (Asna et al., 2018).

Dennoch bergen bisher alle bekannten Therapien für maligne Erkrankungen ein Risiko für kurz- oder auch langfristige Nebenwirkungen (Aigner et al., 2016b).

1.2.3. Körperliche Folgen der Therapie maligner Erkrankungen

1.2.3.1. Kurzfristige Nebenwirkungen der Therapie maligner Erkrankungen

Die unmittelbaren Folgen eines chirurgischen Eingriffes im Rahmen einer Tumortherapie unterscheiden sich je nach Größe und Lokalisation des Tumors. So können perioperativ allgemeine Komplikationen wie Pneumonien, Harnwegsinfekte und Thrombosen auftreten. Außerdem kann es zu lokalen Komplikationen wie Nachblutungen oder Infektionen der Wunde kommen (Jauch et al., 2013).

Die kurzfristigen Nebenwirkungen einer Strahlentherapie umfassen leichtere Beschwerden wie sonnenbrandähnliche Erytheme bis hin zu gravierenden Ulzerationen und anderen Hautveränderungen im behandelten Bereich. Außerdem sind systemische Nebenwirkungen wie Blasenbeschwerden oder eine allgemeine Antriebslosigkeit oder Müdigkeit möglich (Aigner et al., 2016b).

Alle derzeit erhältlichen wirksamen Chemotherapeutika sind mit Nebenwirkungen verbunden (Aigner et al., 2016b). Die Nebenwirkungen unterscheiden sich je nach eingesetztem Medikament. Da alle Chemotherapeutika auf einer Hemmung von sich schnell teilenden Zellen beruhen, treten an diesen Geweben auch typische Nebenwirkungen auf. So kann es zu Blutbildveränderungen wie Granulozytopenien oder Anämien kommen (W. Forth, 2013). Des Weiteren sind Entzündungen der Magen- und Darmschleimhaut sowie Haarausfall möglich. Weitere akute Nebenwirkungen sind das Auftreten von Übelkeit und zentral induziertem Erbrechen und viele andere Nebenwirkungen (W. Forth, 2013). Auch viele Jahre nach dem Abschluss der Therapie kann es darüber hinaus zu Spätfolgen der Therapie kommen, wie einer insbesondere einer Fatigue oder dem Auftreten von Sekundärtumoren (W. Forth, 2013).

Immuntherapien führen zu einer vermehrten Aktivität des Immunsystems. Geht die Balance zwischen Stimulierung und Hemmung des Immunsystems verloren, ist die Entwicklung eines überreaktiven Immunsystems eine mögliche Folge. Dadurch kann es zur Entstehung von verschiedenen Autoimmunerkrankungen kommen. Häufige

Lokalisationen dieser autoimmun bedingten Entzündungen sind die Hirnanhangsdrüse, die Augen, der Darm oder die Haut (Braun et al., 2020).

1.2.3.2. Langfristige Nebenwirkungen der Therapie maligner Erkrankungen

Die Zahl der PatientInnen, welche die kurz- und mittelfristige Phase nach Erkrankung und Therapie überleben, ist in den letzten Jahrzehnten signifikant gestiegen (Krebsregisterdaten, 2017). Dies hängt maßgeblich mit den Verbesserungen der Therapieoptionen für viele Krebsentitäten zusammen (Aigner et al., 2016a). Die Konsequenz ist jedoch, dass die Anzahl der PatientInnen, die von Langzeitfolgen wie kardiovaskulären oder endokrinen Störungen betroffen sind, deutlich zugenommen hat. Insgesamt sind bis zu 50 % der Überlebenden einer malignen Erkrankung im Kindesalter von Langzeitfolgen der Tumorerkrankung und -therapie betroffen (Gebauer et al., 2019). So zeigen Überlebende von Krebserkrankungen im Alter von 15 bis 39 Jahren 30 Jahre nach der Therapie ein achtmal so hohes Risiko, an Komorbiditäten zu erkranken (Oeffinger et al., 2006). Im Vergleich zu Kindern und älteren PatientInnen zeigen junge Erwachsene ein höheres Risiko für das Auftreten von kardialen Toxizitäten, Sekundärmalignomen und pulmonalen Komplikationen (Woodward et al., 2011). Darüber hinaus werden bei betroffenen AYAs im Alter von 15 bis 29 Jahren, verglichen mit Gleichaltrigen ohne eine Vorgeschichte maligner Erkrankungen, als Reaktion auf die überstandene Erkrankung vermehrt gesundheitsschädliche Verhaltensweisen wie Nikotinabusus oder Übergewicht beobachtet (Tai et al., 2012).

Ein Lebenszeit und -qualitätslimitierender Faktor nach einer Krebstherapie können kardiovaskuläre Erkrankungen als Langzeitnebenwirkungen von Chemo- und/oder Strahlentherapie darstellen (Florescu et al., 2013). So konnten Chao et al. 2016 nachweisen, dass AYAs nach einer Krebstherapie ein mehr als doppelt so hohes Risiko für das Entwickeln einer kardiovaskulären Erkrankung haben als eine nicht betroffene Vergleichspopulation (Chao et al., 2016). Im Rahmen der Studie zeigten kardiovaskuläre Langzeitnebenwirkungen den stärksten Einfluss auf die gemessene Mortalität (Chao et al., 2016).

Eine weitere häufige Folge von Radio- oder Chemotherapie können endokrine Störungen sein. Speziell häuft sich ihr Auftreten als Langzeitkomplikation bei

erwachsenen Überlebenden einer Krebserkrankung im Kindesalter (Stava et al., 2007). Es können verschiedene endokrine Regulationskreisläufe betroffen sein. Die Steuerung der Signalhormone des Hypothalamus, des Antidiuretischen Hormons, des Insulins, der Elektrolyte, der Blutfette, der Gonaden, sowie der Hormone der Schilddrüse können gestört sein (Stava et al., 2007).

Die Einschränkung der Fertilität ist eine häufige und die Lebensqualität einschränkende Folge einer medikamentösen Tumorthherapie. Eine Fertilitätseinschränkung kann sich bei Frauen als Reduktion der Ovarialfunktion bis hin zu einem ovariellen Versagen, und bei Männer als einer Azoospermie äußern (Lawrenz and von Wolff, 2010). Auch eine Strahlentherapie des kleinen Beckens, der Hoden oder des Schädels können die Fertilität beeinträchtigen (Metzger et al., 2013, Lawrenz and von Wolff, 2010). Inzwischen stehen mehrere fertilitätserhaltende Maßnahmen zu Verfügung. Die Entscheidung zur geeigneten Methode ist von verschiedenen Faktoren abhängig. So spielen neben der Tumorentität und -lokalisierung, dem Geschlecht und dem Zeitfenster bis zum Beginn der hämatoonkologischen Therapie unter anderem das Alter, der Partnerstatus und der aktuelle Kinderwunsch eine Rolle (Metzger et al., 2013). Seit 2006 hat sich in Deutschland, Österreich und der Schweiz ein Netzwerk für fertilitätsprotektive Maßnahmen unter Chemo- und Strahlentherapie etabliert (Lawrenz and von Wolff, 2010).

Periphere Neuropathien sind sehr häufig eine Folge von Chemotherapie bei den Überlebenden einer Krebserkrankung. Sie äußert sich in einer Reduktion der Überleitungsfähigkeit der peripheren Nerven, was bei Betroffenen zu verschiedenen Problemen führen kann (Mohrmann, 2019). Je nachdem, welche Nerven betroffen sind, kann es im dementsprechendem Bereich zu neuropathischen Schmerzen, Taubheit, Allodynie oder Muskelschwäche kommen (Brown et al., 2019). Wirksame therapeutische Optionen sind sehr limitiert und beschränken sich auf physio- und ergotherapeutische Verfahren oder Akupunktur. Bei neuropathischen Schmerzen existieren zudem medikamentöse Therapieansätze (Gabapentin, Pregabalin oder Antidepressiva). (Hershman et al., 2014).

Unter einer Sarkopenie versteht man einen Abbau von Muskelmasse und -kraft. Sie kann eine weitere Folge der Gabe von Chemotherapeutika bei jungen Erwachsenen sein. So zeigten Mueske et al. 2019, dass an einer akuten lymphatischen Leukämie

(ALL) erkrankte AYAs während der Induktionstherapie eine signifikante Menge Muskelmasse verloren und gleichzeitig die Fettmasse erhöhten (Mueske et al., 2019). Dieser Prozess scheint ein Faktor für das erhöhte kardiovaskuläre Risikoprofil der Langzeitüberlebenden zu sein (Mueske et al., 2019).

Chemotherapeutika haben außerdem das Potenzial, gastrointestinale Nebenwirkungen wie schwere Durchfälle oder Verstopfungen zu verursachen. Diese können einerseits während der Therapie auftreten und einen Abbruch derselben erzwingen, andererseits können diese Probleme bis Jahre nach der Beendigung der Therapie persistieren und die Lebensqualität deutlich reduzieren (Escalante et al., 2017). Pathophysiologisch wird eine Schädigung der enteralen Nervenbahnen als Ursache dieser Symptomatik vermutet (Florescu et al., 2013).

Nach einer Krebserkrankung im jungen Erwachsenenalter haben Betroffene ein zwei- bis dreifach erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Zweitneoplasie (Curtis et al., 2006). Bestandteile der onkologischen Therapie wie Bestrahlung und Chemotherapie haben selbst mutagenes Potenzial. Das höchste Risiko liegt bei kombinierter oder sequentieller Radiochemotherapie und / oder Hochdosischemotherapie vor (Curtis et al., 2006).

Es gibt in Deutschland keine allgemeingültigen Konzepte für die Nachbehandlung junger Erwachsener (Hilgendorf et al., 2016). Die Konzepte für Prävention und Früherkennung von Zweitneoplasien orientieren sich an der jeweiligen Primärerkrankung (Hilgendorf et al., 2016). PatientInnenzentrierte Programme und klare Strukturen für die Nachbehandlung und das Nebenwirkungsmanagement befinden sich zurzeit in verschiedenen universitären Krebszentren im Aufbau.

1.2.4. Psychosoziale Folgen einer Krebserkrankung im jungen Erwachsenenalter

Neben den körperlichen Folgen der medizinischen Behandlungen kann auch die psychosoziale Belastungssituation aufgrund der Erkrankung und deren Langzeitfolgen zu großen Einschränkungen des Wohlbefindens junger Erwachsener nach einer Krebserkrankung führen (Geue et al., 2016).

Die Diagnose eines malignen Tumors zwingt Betroffene zu einer Auseinandersetzung mit der eigenen Erkrankung und dem potenziellen Versterben. Für die meisten

Heranwachsenden und jungen Erwachsenen kommt dies zu einem Zeitpunkt, in dem diese Themen eigentlich weit entfernt sind, statt dessen dominieren Themen wie Unabhängigkeit, sexuelle Orientierung und die Gründung einer eigenen (Morgan et al., 2010).

Durch die Konfrontation mit einer lebensbedrohlichen Krankheit kann es zur Stagnation dieser Prozesse komme (Arndt et al., 2004). Abhängigkeit und Fremdbestimmung nehmen subjektiv wie objektiv zu (Arndt et al., 2004). 2010 zeigten die Autoren, dass junge PatientInnen größere psychosoziale Defizite und ein größeres Bedürfnis nach psychologischer Unterstützung haben als ältere Betroffene (Merckaert et al., 2010).

Eine weitere psychologische Belastung junger Erwachsener ist die Angst vor einem Rezidiv der Erkrankung oder einem Zweitmalignom. In einer Studie von Sun et. al konnten die ForscherInnen zeigen, dass 35 % der Befragten dysfunktionale Ängste vor einem Rezidiv haben und 39 % von ihnen depressive Symptome zeigen (Sun et al., 2019).

Aufgrund der hohen Inzidenz an psychoonkologischem Unterstützungsbedarf dieser Kohorte gehören frühzeitiges Screening, sowie das langfristige Angebot einer professionellen Betreuung zu einer qualifizierten Behandlung. Außerdem können Kontakte zu Betroffenen ähnlichen Alters in Form von (online-) Selbsthilfegruppen zu einer Bewältigung der Probleme beitragen (Zebrack and Isaacson, 2012).

1.2.5. Finanziell – Berufliche Folgen einer Krebserkrankung für junge Erwachsene

Junge Erwachsene haben nach einer Krebserkrankung und Therapie häufig mit finanziellen Problemen zu kämpfen. So gehören „Geldnöte“ zu den am meisten genannten Problemen, die sich negativ auf die Lebensqualität der PatientInnen auswirken (Hommel, 2019). Nur 56 % der Betroffenen kehren nach der Therapie wieder vollständig ins Arbeitsleben zurück (Hommel, 2019).

Studien aus den USA zeigen die enorme wirtschaftliche Last, die junge Erwachsene durch eine Krebserkrankung tragen. Guy Jr. et. al zeigten 2014, dass Betroffene im Vergleich zu einer gesunder Vergleichskohorte neben hohen Ausgaben für

medizinische Therapien auch große finanzielle Einbußen durch den Verlust ihrer Produktivität hinnehmen mussten (Guy et al., 2014).

Insgesamt ist die Beschäftigung dem Thema der finanziellen Folgen für junge, an Krebs erkrankte PatientInnen nicht ausreichend. Es gibt wenig Forschung zu den entstehenden Problemen und keine zentral-organisierten Hilfsangebote für Betroffene (Hommel, 2019).

1.2.6. Fazit – Prognose und Langzeitfolgen für junge Erwachsene nach einer Krebserkrankung

Zwar haben junge Erwachsene eine deutlich höhere Chance als ältere PatientInnen, eine Krebserkrankung zu überleben (Robert Koch-Institut, 2016). Die 10-Jahres-Überlebensrate nach einer Krebserkrankung in der Altersgruppe 20 – 29 ist mit circa 85 % die beste unter allen verglichenen Altersgruppen (Engel, 2015). Mit der Dauer des Überlebens steigt aber auch das Risiko, Langzeitnebenwirkungen der hämatoonkologischen Therapie zu entwickeln. Studien zur Therapieoptimierung hämatoonkologischer Erkrankungen verfolgen daher schon länger das Ziel, die Langzeitfolgen von Krebstherapie zu minimieren. Aufgrund der zwingenden Notwendigkeit der Erhaltung von hohen Heilungsraten müssen einige Medikamente und Therapien mit bekannten Langzeitfolgen in Ermangelung von ebenso wirksamen, aber besser verträglichen Alternativen weiterverwendet werden.

Zusammenfassend besteht für die Betroffenen eine Vielzahl von Problemen, davon stellt insbesondere das erhöhte und frühzeitige Auftreten kardiovaskulärer Morbidität eine der relevantesten Langzeitfolgen für die PatientInnen wie auch für das Gesundheitswesen dar.

Aus diesen Gründen ist die Prävention von Folgeerkrankungen und Langzeitnebenwirkungen in dieser besonders vulnerablen PatientInnengruppe hochrelevant.

1.3. Prävention von hämatoonkologischen Erkrankungen bei jungen Erwachsenen

Zur Prävention von Malignomen gelten für junge Erwachsene die allgemeinen Empfehlungen zur Primärprävention wie Rauchverzicht, eine ausgewogene Ernährung und körperliche Aktivität (Hilgendorf et al., 2016). Für viele häufige Krebsarten im Altersspektrum der AYA sind die Entstehungsmechanismen nicht endgültig verstanden, daher gibt es in vielen Bereichen keine klar definierten, speziellen Präventionsmaßnahmen.

Nur für einige Krebsentitäten innerhalb der AYA-Gruppe gibt es Empfehlungen zur spezifischen Vorbeugung dieser Malignome. Insbesondere gilt dies für die Verminderung der UV-Belastung der Haut zur Reduktion des Entstehungsrisikos eines Malignen Melanoms. Zur Prävention von Tumoren, die mit dem humanen Papillomavirus (HPV) assoziiert sind, ist eine Impfung gegen HPV vor dem Erreichen der Geschlechtsreife für Männer und Frauen empfohlen (Meites et al., 2019). Neben dem Zervixkarzinom scheinen Hochrisiko-Typen des HPV auch an der Entstehung von Vaginal-, Anal-, Penis- sowie Oropharynxkarzinomen beteiligt zu sein (Hilgendorf et al., 2016).

Zur Prävention des Mammakarzinoms bei Frauen, die zum Beispiel durch eine Breast Cancer 1, early-onset (BRCA1)- oder Breast Cancer 2, early-onset (BRCA2)-Mutation ein hohes Risiko aufweisen, im Laufe ihres Lebens diese Erkrankung zu entwickeln, können medikamentöse Therapien, wie selektive Modulatoren des Östrogenrezeptors („*Tamoxifen*“) oder Aromatasehemmstoffe verwendet werden (Thorat and Balasubramanian, 2020). Eine bilaterale Mastektomie kann das Risiko zur Entwicklung eines Mammakarzinoms bei diesen Frauen um 90 % senken (Thorat and Balasubramanian, 2020).

Aufgrund der niedrigen Inzidenz in der Allgemeinbevölkerung gibt es keine großflächigen Screening-Programme für junge Erwachsene ohne eine familiäre Belastung oder andere anerkannte Risikofaktoren (Hilgendorf et al., 2016). Bei Angehörigen von Familien mit hereditärer Belastung wird eine frühzeitige genetische Beratung empfohlen (Hilgendorf et al., 2016).

1.3.1. Bewegung als Mittel zur Prävention

Körperliche Aktivität (physical activity, kurz: PA) hat viele positive Auswirkungen. Dazu gehören unter anderem der Erhalt oder die Verbesserung der Körperzusammensetzung, eine Senkung des Risikos für die Entwicklung einer kardiovaskulären Erkrankung und das Senken der Gesamtmortalität (Kraus et al., 2019) (siehe Abbildung 1). Die Literatur zu gesundheitlichen Vorteilen von Sport und körperlicher Aktivität ist eindeutig: Fast alle Menschen einer westlichen Gesellschaft profitieren von einer Aktivitätssteigerung (Warburton and Bredin, 2017). Die meisten internationalen Guidelines empfehlen mindestens 150 Minuten moderate bis intensive körperliche Aktivität (moderate-to-vigorous physical activity – MVPA) pro Woche für gesundheitliche Vorteile (World Health Organization, 2010, Adams et al., 2013, Schmitz et al., 2010). Neue Studien konnten zeigen, dass dies nicht zwingend das Minimum darstellt, sondern dass auch PatientInnen mit einer Aktivität unterhalb des empfohlenen Grenzwertes von einer Steigerung profitieren (Warburton and Bredin, 2017). 2017 zeigten Warburton et al. außerdem, dass auch geringe Volumina von körperlicher Aktivität positive gesundheitliche Effekte zeitigen (Warburton and Bredin, 2017).

Spezifisch für an Krebs erkrankte PatientInnen kommen weitere positive Einflüsse zum Tragen. So dienen Sport und körperliche Aktivität sowohl als Präventionsinstrument wie auch zur Verlangsamung des Fortschreitens von Krebserkrankungen (Lugo et al., 2019). Das regelmäßige Praktizieren körperlicher Aktivität kann die Nebenwirkungen der Krebstherapie reduzieren und die Rehabilitation der PatientInnen nach abgeschlossener Krebstherapie unterstützen (Lemane et al., 2013). Außerdem führt regelmäßige körperliche Aktivität zu einer verbesserten kardiovaskulären Fitness, der Reduktion von erkrankungs- und therapiebedingter Fatigue, einer Verbesserung der Lebensqualität, einer Verlängerung der Lebensspanne und einer Risikosenkung für das Wiederauftreten von Krebserkrankungen (Ancellin, 2019).

Bei einigen Krebsentitäten wie Mamma-, Kolon-, und Prostatakrebs konnte in Studien eine starke Assoziation zwischen dem Aktivitätsniveau der PatientInnen und der krebspezifischen Mortalität festgestellt werden (Lemane et al., 2013). Je nach Art des Tumors variieren die Empfehlungen zum Umfang und der Intensität der körperlichen Aktivität (Lemane et al., 2013).

Junge Erwachsene haben nach einer Krebserkrankung die höchste noch zu erwartende Lebensspanne, im Vergleich zu anderen Alterskohorten (Krebsregisterdaten, 2017, Engel, 2015). Daher können hier besonders viele Lebensjahre durch die präventiven Effekte von Sport und körperlicher Aktivität beeinflusst werden. Außerdem liegen in der Altersgruppe der AYA weniger orthopädische und pulmologische Erkrankungen vor, welche das regelmäßige Durchführen von körperlicher Aktivität limitieren (Andrianakos et al., 2006, Steppuhn et al., 2017). In der Beratung zu Sport und körperlicher Aktivität sollte ein individuelles Konzept entwickelt werden, welches individuelle Stärken, Schwächen und Ziele der PatientInnen berücksichtigt (Barnes et al., 2015).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass körperliche Aktivität eine sehr effektive und günstige Methode bei der Prävention der meisten nicht-übertragbaren Erkrankungen darstellt (Tuka et al., 2017). Bei regelmäßiger Anwendung wirkt sie als universale Medikation bei gleichzeitig minimalen Nebenwirkungen (Tuka et al., 2017).

1.4. Einführung – Methoden zur Bestimmung der körperlichen Aktivität

Eine realitätsnahe Bestimmung des körperlichen Aktivitätsniveaus ist aus mehreren Gründen essenziell für eine zielgerichtete Beratung junger Erwachsener nach einer Krebserkrankung. Wie bereits erwähnt, empfiehlt die World Health Organisation (WHO) ein Mindestmaß von 150 Minuten moderater, oder 75 Minuten intensiver körperlicher Aktivität oder eine Kombination dieser beiden Intensitätsniveaus (Arndt et al., 2004). Durch die Angabe eines unteren Schwellenwertes, ohne dabei einen oberen Grenzwert zu empfehlen, signalisiert diese „Guideline“, dass ein sehr großer Teil der westlichen Bevölkerung von einer Steigerung der körperlichen Aktivität profitieren würde (Warburton and Bredin, 2017).

Auf der anderen Seite des Aktivitätsspektrums ergibt sich bei hoch aktiven Hobby-SportlerInnen und professionellen AthletInnen das Risiko, den Körper durch zu intensives und hochfrequentes Training zu schädigen. Es kann zu dem Krankheitsbild des „Overtrainings“ mit verstärktem Gefühl von Erschöpfung, vermehrten Infektionen des Respirationstraktes, Schlafstörungen und weiteren Beschwerden kommen (Winsley and Matos, 2011). Nur aufgrund fundierter Kenntnisse über das tatsächliche Aktivitätsniveau einer Person lässt sich also sinnvoll über eine notwendige Intervention und Veränderungen des Aktivitätsniveaus entscheiden.

Um den Grad der körperlichen Aktivität von PatientInnen zu erheben, stehen verschiedene Erfassungsmethoden zur Verfügung. Diese Methoden lassen sich in zwei Gruppen einteilen, in „subjektive“ und „objektive“ Messmethoden (Ainsworth et al., 2014). Ihr gemeinsames Ziel ist es, die Frequenz, Dauer, Art und Intensität körperlicher Aktivität möglichst vollständig und korrekt abzubilden (Ainsworth et al., 2014). Subjektive Erfassungsmethoden beinhalten die Nutzung von spezifischen Fragebögen und Tagebüchern zur ausgeführten Aktivität (Dowd et al., 2018). Die objektive Bestimmung der körperlichen Aktivität basiert auf der Messung von Bewegungen durch Akzelerometer (Geräte zur Messung von Beschleunigungsbewegungen), Schrittzähler, Herzraten-Monitore und Geräte, die mehrere der genannten Funktionen kombinieren (Ainsworth et al., 2014). Außerdem können spiroergometrische Untersuchungen verwendet werden, um die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit der PatientInnen zu erheben und diese im Verlauf zu vergleichen (Wonisch et al., 2003).

Die verschiedenen Methoden zur Erfassung des körperlichen Aktivitätsniveaus weisen unterschiedliche Vor- und Nachteile und potentielle Fehlerquellen auf (Dowd et al., 2018). Die entscheidenden Kriterien für die Auswahl der angemessenen Messmethode sollten der Grund der Untersuchung, der gemessene oder dokumentierte Zeitraum sowie die Existenz von Validitätsnachweisen für die beobachtete Kohorte sein (Ainsworth et al., 2014). Je nach Fokus und den äußeren Gegebenheiten der Untersuchung sollte diese Entscheidung individuell getroffen werden (Dowd et al., 2018).

Um nicht ausreichend aktive PatientInnen identifizieren und optimal beraten zu können, bedarf es Methoden, die das Aktivitätsniveau in der hoch vulnerablen AYA-Kohorte valide widerspiegeln. Unter diesem Aspekt werden im Folgenden die objektiven und im Anschluss die subjektiven Methoden zur Messung der körperlichen Aktivität vorgestellt. Hierbei werden zunächst grundsätzliche Eigenschaften der beiden Methodiken evaluiert. Schließlich werden die jeweils etabliertesten Verfahren präsentiert und mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen diskutiert.

1.4.1. Objektive Methoden zur Erfassung des körperlichen Aktivitätsniveaus

Objektive Methoden zur Bestimmung der körperlichen Aktivität sind vergleichsweise präziser in der Erfassung physiologischer und mechanischer Komponenten derselben (Westerterp, 2009). Man unterscheidet zwischen tragbaren Geräten, welche Aktivität in unterschiedlicher Form messen und der in Laborbedingungen durchführbaren Spiroergometrie. Spiroergometrische Untersuchungen dienen der Bestimmung der kardiopulmonalen sowie muskulären Belastbarkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt, während mobile Monitore das Aktivitätsniveau im Alltag oder unter kontrollierten Bedingungen über einen längeren Zeitraum ermitteln (Ainsworth et al., 2014, Wonisch et al., 2003).

Hinsichtlich der spezifischen Auswahl des Messinstruments gibt es keine einheitlichen Empfehlungen bezüglich eines „Goldstandards“ zur Erfassung der körperlichen Aktivität der PatientInnen im nicht kontrolliertem Setting (Ainsworth et al., 2014). Die Einflussfaktoren bei der Entscheidungsfindung für das geeignete Gerät sind die Anteile körperlicher Aktivität, die untersucht werden sollen, die Charakteristika der beobachteten Kohorte, der zur Verfügung stehende zeitliche und finanzielle Rahmen, sowie die nötige Präzision bei der Ermittlung des Aktivitätsniveaus (Ainsworth et al., 2014). Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass objektive Messverfahren valider in ihren Ergebnissen, dafür aber teurer und zeitlich wie methodisch aufwändiger in ihrer Umsetzung sind (Dowd et al., 2018). Im Anschluss werden die gängigen Geräte für die Erfassung der körperlichen Aktivität erläutert.

1.4.1.1. Tragbare Geräte

Die etablierteste Methode für die objektive Messung von sportlicher und sitzender Aktivität ist die Akzelerometrie (Strath et al., 2013). Sie ist ein nicht invasives Verfahren zur Erfassung menschlicher Aktivitäts- und Ruhephasen. Die Hauptaufgabe dieser Geräte ist die Übersetzung von gemessenen Daten zur Beschleunigung in Informationen über das Aktivitätsniveau der ProbandInnen (Sievänen and Kujala, 2017).

Die ersten Akzelerometer wurden 1996 entwickelt und wogen aufgrund ihres groben Aufbaus rund 500 Gramm (Walter, 2007). Seit diesen ersten Versuchen, das

körperliche Aktivitätsniveau anhand von gemessenen Beschleunigungen zu bestimmen, gab es auf diesem Gebiet große Entwicklungen. Moderne Akzelerometrie basiert auf der kontinuierlichen Messung von rohen Beschleunigungsdaten in den drei möglichen Bewegungsachsen (Troiano et al., 2014). Die am häufigsten in Studien verwendeten Produkte auf dem Gebiet der Akzelerometrie sind „ActiGraphen“ (Migueles et al., 2017). Der in den letzten Jahren primär verwendete ActiGraph ist das Model „wGT3x“ (siehe Abbildung 2). 2011 veröffentlichten Sakai et al. erste Validierungsstudien zu dieser Reihe (Sasaki et al., 2011a). Inzwischen gibt es bereits neuere Modelle, welche eine noch höhere Messpräzision aufweisen wie den ActiGraphen „GT9x“, deren Auswertungsmechanismen derzeit validiert werden (Rhudy et al., 2020).

Neben der Auswahl des passenden Geräts müssen diverse weitere Faktoren für eine Erhebung valider Ergebnisse beachtet werden. Bereits vor dem Beginn der Datenerhebung steht eine Entscheidung über den Anbringungsort des Akzelerometers. Die beiden am häufigsten verwendeten Lokalisationen sind die Anbringung an der Hüfte und am Handgelenk (Migueles et al., 2017). Je nach beobachteter Altersgruppe und der Art der beobachteten Tätigkeiten (spezifische Aktivitäten vs. Alltagsbeobachtungen) variieren die Empfehlungen (Migueles et al., 2017). Von verschiedenen WissenschaftlerInnen wird eine Platzierung des ActiGraphen an der Hüfte empfohlen (Migueles et al., 2017, Tudor-Locke et al., 2015). Staudenmayer et al. konnten aber 2015 zeigen, dass bei jungen Erwachsenen (Durchschnittsalter = 24,1) unter der Verwendung des „wGT3x“, bei der Anbringung am Handgelenk präzisere Ergebnisse bei der Einordnung physischer Aktivitäten erzielt werden konnten (Staudenmayer et al., 2015). Die Platzierung des ActiGraphen am Handgelenk hat außerdem den Vorteil, dass der ActiGraph von ProbandInnen als weniger störend wahrgenommen wird. Dadurch entsteht eine höhere Tragezeit und die Möglichkeit, Einblicke in Schlafverhalten und -qualität zu gewinnen (Ainsworth et al., 2014).

Ein weiterer relevanter Punkt bei der Konzeption einer Studie zur Erfassung des körperlichen Aktivitätsniveaus ist die Entscheidung über den passenden Auswertungsalgorithmus zur Bestimmung der MVPA-Time (Migueles et al., 2017). Zur Bestimmung der Zeitdauer körperlicher Aktivität zählt der ActiGraph Bewegungen, welche als „counts“ bezeichnet werden. Wenn diese „counts“ einen definierten

Schwellenwert pro Zeiteinheit überschreiten, wird diese Zeiteinheit als MVPA-Time erkannt und sie fließt in die Zählung der Sportaktivität ein (Freedson et al., 1998). Für die Definition der Grenzwerte der Aktivitätsstufen „sedentary“, „light“, „moderat“, „vigorous“ und „very vigorous“ stehen verschiedene etablierte Grenzwerte zur Verfügung (Migueles et al., 2017, Santos-Lozano et al., 2013). Die am häufigsten verwendeten und am längsten erprobten Schwellenwerte sind die von Freedson et al. entwickelten Algorithmen „Freedson (1998)“ für uniaxial messende ActiGraphen und der 2011 erstmals publizierte „Freedson VM3“ für triaxial messende ActiGraphen (Freedson et al., 1998, Sasaki et al., 2011a). Seit der Vorstellung dieser Grenzwerte zur Definition körperlicher Aktivität wurden stets weitere Algorithmen mit immer differenzierteren Betrachtungsweisen der rohen Daten entwickelt. Bei älteren Algorithmen wurde jeweils einer gemessenen Minute ein Aktivitätsniveau zugeordnet. Moderne Algorithmen ermöglichen durch die Bestimmung der Aktivität für jede gemessene Sekunde eine deutlich präzisere Interpretation des Aktivitätsverhaltens (Vanhelst et al., 2019).

Neben den oben genannten Faktoren gilt es zusätzlich, basierend auf der individuellen Fragestellung, Entscheidungen bezüglich der Verwendung von Filtern, der Nicht-Tragezeit-Algorithmen, und der Grenzwerte für Mindesttragezeiten pro Tag und Woche und weiteren Aspekten zu treffen (Migueles et al., 2017). Da diese für die gewählte Fragestellung nur geringe Relevanz haben, sollen nicht alle Faktoren einer erfolgreichen Datenerhebung ausführlich erörtert werden. Abschließend lässt sich aber festhalten, dass diverse Faktoren beachtet werden müssen, um aus den erhobenen Daten belastbare Schlüsse ziehen zu können (Migueles et al., 2017).

Aus der Klasse der Akzelerometer stehen mehrere Geräte zur Messung körperlicher Aktivität zur Verfügung. Gängige Alternativen zum „ActiGraphen“ sind die „*Motionwatch*“, „*GENEactiv*“ oder die „*Life Microscope*“ (Chakravarthy and Resnick, 2017, Rowlands et al., 2018, Sasaki et al., 2018). Je nach betrachteter Population und Fragestellung liegt unterschiedliche Evidenz für die Verwendung der unterschiedlichen Geräte vor.

Neben der Akzelerometrie sind die Erhebung der Schrittzahlen durch Pedometer und die Erfassung der Herzfrequenz durch Herzfrequenz-Monitore etablierte Verfahren zur direkten Messung körperlicher Aktivität (Ainsworth et al., 2014).

Die Hauptaufgabe eines Pedometers ist es, die getätigten Schritte eines/einer ProbandIn zu ermitteln. Die Technik war anfangs noch recht unpräzise. Inzwischen sind die Geräte und ihre Auswertungsmechanismen aber komplexer und valider geworden (Ainsworth et al., 2014). Die meisten Pedometer sind für die Anbringung an der Hüfte konzipiert, dennoch konnten Karabulut et al. zeigen, dass eine Platzierung am Sprunggelenk validere Ergebnisse produziert (Karabulut et al., 2006). Die Erfassungsgenauigkeit scheint bei höheren Geschwindigkeiten besser zu sein als bei sehr langsamem Gehen (< 3 Kilometer pro Stunde (km/h)) (Ainsworth et al., 2014). Pedometer sind im Vergleich zu anderen tragbaren Geräten relativ günstig, trotzdem ermöglichen sie eine valide Einschätzung von verschiedenen Intensitätsniveaus körperlicher Aktivität (Tudor-Locke and Rowe, 2012). Der größte Nachteil dieser Geräte ist ihre Unfähigkeit, körperliche Arbeit des Oberkörpers abzubilden und die Energiekosten verschiedener Aktivitäten zu differenzieren. Außerdem sind auch diese Geräte von validen Algorithmen zur Erkennung von Aktivitäten abhängig (Ainsworth et al., 2014).

Herzfrequenz-Monitore sind eine häufig verwendete Methode, um PatientInnen in ihrer Alltagsumgebung zu studieren (Ainsworth et al., 2014). Es besteht eine enge Beziehung zwischen der gemessenen Herzfrequenz und der verbrauchten Energie durch moderate bis intensive körperliche Aktivität. Diese Beziehung ist in niedrigen Intensitätsniveaus schwächer ausgeprägt (Kozey-Keadle et al., 2011). Ein großer Vorteil der Herzfrequenz-Monitore besteht in ihrer Möglichkeit, Aktivitäten zu identifizieren, deren Messung mit einem Akzelerometer nicht möglich ist, wie etwa Fahrradfahren oder Schwimmen (Chen et al., 2012). Die Nachteile umfassen unter anderem die Beeinflussung der Messung durch herzfrequenzmodulierende Medikamente wie β -Blocker und Beschwerden, die durch ein langes Tragen dieser Monitore entstehen (Ainsworth et al., 2014).

Die neuesten Messgeräte sind sogenannte „Multi-Sensor-Systeme (MSSs)“. Diese kombinieren physiologische und mechanische Sensoren, um so einen noch präziseren Eindruck von körperlicher Aktivität und verbrauchter Energie zu gewinnen (Ainsworth et al., 2014). Die hohen Kosten und die Unbequemlichkeit von MS-Systemen können die genannten Vorteile je nach Fokus und Fragestellung aufwiegen (Ainsworth et al., 2014).

Die Entscheidung für das passende Gerät wird von vielen Faktoren beeinflusst: Dem zu beobachtenden Bereich der körperlichen Aktivität der ProbandInnen (Alltagsbereich vs. Laborbedingungen), den schnellen Entwicklungen der Geräte, und den zur Verfügung stehenden Auswertungsmethoden (Ainsworth et al., 2014), sowie praktischen Überlegungen zur Einfachheit der Benutzung und den entstehenden Kosten (Ainsworth et al., 2014). Es existiert kein universell anwendbarer „Goldstandard“, die individuellen Vor- und Nachteile der Geräte müssen gegeneinander abgewogen werden (Ainsworth et al., 2014).

1.4.1.2. Spiroergometrie

Neben den tragbaren Geräten zur Messung der Aktivität über einen längeren Zeitraum stehen auch spiroergometrische Untersuchungen zur Erfassung der Leistungsfähigkeit der ProbandInnen zu einem definierten Zeitpunkt zur Verfügung. 1929 wurde das diagnostische Verfahren zur Erhebung der qualitativen und quantitativen Reaktion von Herz, Kreislauf und Atmung während muskulärer Arbeit erstmals in Deutschland eingesetzt (Breuer, 1997). Im Gegensatz zu Akzelerometern und vergleichbaren Methoden erlauben Spiroergometrien keine Bestimmung des alltäglichen Aktivitätsniveaus, dennoch liefert das Verfahren wichtige objektive Eindrücke über das physische Leistungsniveau von ProbandInnen (Breuer, 1997). Es stehen verschiedene Möglichkeiten der spiroergometrischen Untersuchung zur Verfügung. Im angloamerikanischen Raum werden überwiegend Laufbandergometrien zur Diagnostik verwendet, im deutschsprachigen Raum wird die Fahrradergometrie bevorzugt (Breuer, 1997) (siehe Abbildung 3).

Während der Spiroergometrie atmen die ProbandInnen kontinuierlich über ein Mundstück oder eine Mund-Nase-Maske, während die Belastung stetig bis zur Grenze der Belastbarkeit gesteigert wird (Hollmann, 2012). Die gängigsten Modelle zur Intensitätssteigerung sind entweder die Verwendung eines Rampenprotokolls mit kontinuierlicher Steigerung des Widerstandes, oder eines Stufenprotokolls mit zwei- bis fünfminütigen Stufen bei gleichbleibender Intensität und anschließender, unmittelbarer Steigerung (Breuer, 1997) (siehe Abbildung 4).

Der wichtigste erhobene Parameter zur Bestimmung des Leistungsniveaus bei einer Spiroergometrie ist die maximale Sauerstoffaufnahme des Gesamtorganismus (VO_{2max}) (Breuer, 1997). Diese wird anschließend durch Verrechnung mit dem

Körpergewicht in eine inter-subjektiv vergleichbare Form gebracht. Ebenfalls von Interesse kann die maximal erbrachte Leistung (*maxWatt*) sein. Diese stellt die gemessene Leistungsgrenze direkt dar und kann durch das In-Relation-Setzen zum Körpergewicht einen unmittelbaren Vergleich der Leistungsfähigkeit zwischen ProbandInnen ermöglichen.

Beim Vergleich zwischen Gruppen von PatientInnen sollte möglichst kein Wechsel der Art des Gerätes und der Gesichtsmaske stattfinden, weil dies zu unterschiedlichen Ergebnissen führen könnte (Hollmann, 2012). Neben objektiven Kriterien zum Abbruch der Testung seitens des/r Untersuchenden führt die muskuläre oder kardiopulmonale Erschöpfung von ProbandInnen in der Regel zu einem Ende der Untersuchung. Daher ist die Motivation ein weiterer relevanter Einflussfaktor auf die Qualität der Ergebnisse der ProbandInnen (Hollmann, 2012).

1.4.1.3. Vergleich objektiver Methoden

Tragbare Geräte haben bei der Messung des Aktivitätsniveaus bei ProbandInnen den höchsten Stellenwert, weil man über diese Messungen den Alltag der PatientInnen direkt betrachten kann (Ainsworth et al., 2014). Aufgrund der Tatsache, dass sich die Empfehlungen der WHO zur körperlichen Aktivität für gesundheitliche Benefits an dieser Aktivität im Alltag orientieren, ist dies der wichtigste Einblick (World Health Organization, 2010). Wenn zusätzlich Daten von Spiroergometrien vorliegen, sollten diese mit beurteilt werden. Dadurch können weitere Einblicke in die physiologische Struktur der beobachteten Kohorte gewonnen werden. Zur Interpretation der Ergebnisse sollten diese mit einer gesunden Vergleichskohorte in Relation gesetzt werden.

Neben den objektiven Methoden zur Messung der körperlichen Aktivität stehen wie erwähnt verschiedene subjektive Messmethoden zur Verfügung. Im Anschluss werden subjektive Messmethoden zur körperlichen Aktivität erläutert und die etabliertesten Methoden kurz vorgestellt.

1.4.2. Subjektive Erfassung des Aktivitätsniveaus von ProbandInnen

Zur subjektiv-retrospektiven Erhebung der körperlichen Aktivität stehen verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen, sowie unterschiedlichen Graden der Validität zur Verfügung (Dowd et al., 2018). Methoden

zur Erfassung der selbstberichteten körperlichen Aktivität beinhalten selbst-, oder von einem/einer UntersucherIn durchgeführte Fragebögen, Aktivitätsprotokolle oder -tagebücher und Angaben zum Aktivitätsverhalten von Minderjährigen durch Angehörige (Sallis and Saelens, 2000).

Alle Methoden zur Erhebung der körperlichen Aktivität zeigen einen relevanten Grad der Messungengenauigkeit. Dies gilt insbesondere für die subjektiven Methoden (Ainsworth et al., 2012). Dowd et al. zeigten 2018 in einem großen Review, dass subjektive Erfassungsmethoden der körperlichen Aktivität einer größeren Schwankung der Validität und Reliabilität unterliegen als objektive Methoden zur Messung der PA (Dowd et al., 2018). Sind diese Ungenauigkeiten zu groß, kann dies zu einer Limitierung der Aussagekraft der Studien führen (Ainsworth et al., 2012).

Bei der Entscheidung für die passende Methode zur subjektiven Messung der körperlichen Aktivität spielen auch hier mehrere Faktoren eine Rolle. Relevant sind unter anderem Überlegungen zur beobachteten Population, der Verwendung als Screening- oder Dokumentationsinstrument oder als Mittel zur Untersuchung von Verbindungen zwischen körperlicher Aktivität und Krankheiten (Ainsworth et al., 2012). Fragebögen, die zum Screening verwendet werden, sollten möglichst kurz, auf die untersuchten Arten der Bewegung fokussiert sein und eine korrekte Zuordnung der ProbandInnen zu verschiedenen Aktivitätsniveaus ermöglichen (Ainsworth et al., 2012). Fragebögen, die im Rahmen einer Intervention verwendet werden, sollten dagegen besonders sensibel für Veränderungen des Aktivitätsniveaus sein (Steward et al., 2001).

Der größte Vorteil selbstberichteter Fragebögen zur körperlichen Aktivität ist ihre Fähigkeit, Daten einer großen Kohorte in einem relativ kurzen Zeitraum und mit niedrigen Kosten zu erheben (Sallis and Saelens, 2000). Ein Problem subjektiver Methoden ist eine höhere Messungengenauigkeit aufgrund unterschiedlicher Motivation und Verlässlichkeit individueller TeilnehmerInnen. Subjektive Methoden zur Messung der körperlichen Aktivität werden häufig durch einen Vergleich zu objektiven Verfahren wie Akzelerometern validiert. Bestehende Ungenauigkeiten der objektiven Methode werden dann auf die subjektive Methode übertragen oder ggf. sogar verstärkt. Diese Form der Validierung ermöglicht eine Vergleichbarkeit zwischen den TeilnehmerInnen und das Bilden einer gültigen Rangliste der ProbandInnen, erlaubt aber nur bedingt Rückschlüsse auf die Validität der Einschätzung des tatsächlichen Verhaltens

(Shephard, 2003). Die Qualität der Daten der subjektiven Messmethoden hängt maßgeblich von der Dokumentationspräzision der TeilnehmerInnen ab; ProbandInnen müssen die Frequenz, Dauer und Intensität für viele verschiedene Aktivitäten selbst erinnern und diese korrekt einschätzen (Ainsworth et al., 2012, Paterson et al., 2007). Dies gelingt nicht immer. Zusätzlich zu den oben genannten Schwierigkeiten vereinen die subjektiven Methoden das Problem der sozialen Begehrlichkeit, von Untersuchern als „physisch aktiv“ wahrgenommen zu werden (Ainsworth et al., 2012). Dieser Wunsch kann zu einem „over-reporting“, also der Dokumentation von zu viel oder zu intensiver Aktivität führen (Ainsworth et al., 2012). Diese Verzerrungseffekte führen zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit zwischen Daten, die das Aktivitätsniveau mittels Akzelerometrie und/oder durch selbstberichtete Fragebögen erheben (Troiano et al., 2007). Die alleinige Verwendung von subjektiven Methoden scheint zwar für die grundsätzliche Einschätzung einer größeren Kohorte ein valides Instrument, für die individuelle Beratung von PatientInnen allerdings nur von eingeschränkter Aussagekraft zu sein (Ainsworth et al., 2014).

Im Folgenden werden nun exemplarisch einige subjektive Methoden mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt.

1.4.2.1. International physical-activity questionnaire (IPAQ)

Der International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) ist ein 1998 entstandener Fragebogen, der auf Basis der Empfehlungen der International Consensus Group entwickelt wurde (Craig et al., 2003). Der IPAQ besteht aus acht verschiedenen Abschnitten, die das Aktivitätsverhalten sowie die sitzend verbrachte Zeit erfassen. Der Fragebogen liegt in einer Langfassung (Bearbeitungsdauer 15 - 20 Min.) sowie in einer Kurzfassung (Bearbeitungsdauer < 10 Min.), dem IPAQ-SF, vor (Lee et al., 2011). Das Ziel bei der Konzeptionierung der Erhebung war die Entwicklung eines Instruments, welches ohne Anleitung ausgefüllt, über eine große Altersspanne hinweg (18 – 65 Jahre) und in vielen verschiedenen Ländern angewendet werden kann (Craig et al., 2003). In ersten Validierungstudien zeigten Hagströmer et al. 2006 eine gute Ergebnisqualität bei der Erhebung körperlicher Aktivität bei gesunden Erwachsenen (Hagströmer et al., 2006). Bei einem systematischen Review von Lee et al. wurde aber gezeigt, dass trotz der häufigen Verwendung bei einem Großteil der Validierungsstudien nur eine geringe Korrelation zwischen der berichteten Aktivität im

IPAQ-SF und objektiven Messmethoden gefunden werden konnte (Lee et al., 2011). Im Schnitt überschätzen ProbandInnen ihre körperliche Aktivität um 84 %, wenn diese mit objektiven Parametern verglichen wurde (Lee et al., 2011).

1.4.2.2. Bewegungs- und Sportaktivität (BSA) Fragebogen

Ein weiterer, in Deutschland häufig verwendeter Fragebogen ist der „Bewegungs- und Sportaktivität Fragebogen“ (kurz: BSA-Fragebogen). Dieser erfragt berufliche-, Freizeit- und Sportaktivitäten getrennt und in ebendieser Reihenfolge, um dadurch weniger Potenzial für „over-reporting“ der ProbandInnen zu bieten (Fuchs et al., 2015) (siehe Abbildungen 5 und 6). Der Fragebogen wurde unter anderem mittels eines Vergleichs mit fahrradergometrischen Untersuchungen validiert (Fuchs et al., 2015). Die Entwickler des Fragebogens, die Gruppe um Fuchs et al., zeigten 2015 zusätzlich hinreichende Ergebnisse bezüglich der prognostischen-, und der Konstruktvalidität durch eine signifikante Änderung der Angaben nach Durchführung einer Interventionsstudie (Fuchs et al., 2015). Das Instrument empfiehlt sich für den Einsatz in Studien aufgrund seines zeit- und platzsparenden Aufbaus und der klaren Struktur (Fuchs et al., 2015).

1.4.2.3. Bewegungstagebuch

Bewegungstagebücher und -protokolle sind eine weitere etablierte Methode zur subjektiven Erfassung des körperlichen Aktivitätsniveaus (Ainsworth et al., 2014). In Aktivitätstagebüchern dokumentieren ProbandInnen die Art, Dauer und die subjektiv wahrgenommene Intensität der ausgeführten Aktivitäten (Borodulin et al., 2009) (siehe Abbildung 7). Je nach Fokus der Untersuchung können diese Tagebücher Informationen über eine Dauer von einem Tag bis hin zu mehreren Wochen enthalten (Ainsworth et al., 2014). Der größte Vorteil von Bewegungstagebüchern ist die Menge an Details, die für jede Aktivität dokumentiert wird. Der größte Nachteil ist die Belastung der ProbandInnen, diese Informationen über den Tag zu erinnern und sowohl die Dauer der Aktivität, als auch die Intensität korrekt einzuschätzen (Ainsworth et al., 2014). Dowd et al. zeigten in ihrem Übersichts-Paper von 2018 eine starke Validität der Bewegungstagebücher im Vergleich mit anderen subjektiven Erfassungsmethoden. Beim Vergleich von Bewegungstagebüchern (BWT) mit objektiven Methoden schwankte der Mittelwert der BWT um -12,9 % bis 20,8 % (Dowd

et al., 2018). Dies waren die geringsten Ungenauigkeiten, die unter den beobachteten subjektiven Erfassungsmethoden festgestellt wurden (Dowd et al., 2018).

1.4.2.4. Screening-Frage

Die von der Forschungsgruppe des Universitäres Cancer Center Hamburg (UCCH) entwickelte „Screening-Frage“ ist eine stark gekürzte subjektiven Erhebungsmethode der körperlichen Aktivität. Hierbei wird lediglich die Anzahl, die jeweilige Dauer von moderater und intensiver körperlicher Aktivität, sowie der BORG-Wert zur weiteren Spezifizierung des Intensitätsniveaus in einer durchschnittlichen Woche dokumentiert (Salchow et al., 2020) (siehe Abbildung 8 und 9). Die BORG-Skala ist eine vom schwedischen Physiologen Gunnar Borg entwickelte Skala, welche das subjektive Belastungsempfinden von Probanden in einem vergleichbaren Zahlenwert von 6 – 20 ausdrückt (Borg, 1982). Der Aufbau dieser Screening-Frage ist mit den Empfehlungen von Ainsworth et al. aus dem Jahr 2012 kohärent (Ainsworth et al., 2012). Instrumente, die für das Screening von ProbandInnen eingesetzt werden, sollten möglichst kurz und spezifisch auf die Tätigkeiten von Interesse fokussiert sein, um eine möglichst präzise und korrekte Einteilung der ProbandInnen zu ermöglichen (Ainsworth et al., 2012). Die Frage ausschließlich nach moderater und intensiver körperlicher Aktivität begründet sich durch den Bezug auf die Empfehlungen zu gesundheitlichen Benefits durch körperliche Aktivität der WHO (World Health Organization, 2010). Im Rahmen einer randomisierten Interventionsstudie wird aktuell die Validität dieser „Screening-Frage“ evaluiert.

1.5. Vergleich von objektiv gemessener und subjektiv berichteter körperlicher Aktivität

Ziel von Erhebungen der körperlichen Aktivität ist es, die optimale Dosierung von Sport und körperlicher Aktivität zu identifizieren und individuell zugeschnittene Empfehlungen für PatientInnen zu entwickeln (Ainsworth et al., 2014). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass subjektive Erfassungsmethoden der körperlichen Aktivität diese im Ergebnis in unterschiedlich starkem Maße überschätzen und die Dauer körperlicher Inaktivität unterschätzen (Hagstromer et al., 2010, Drystad et al., 2013, Dowd et al., 2018). Die erhobenen Unterschiede zwischen subjektiven und objektiven Daten wuchsen dabei mit zunehmender Aktivität und Intensität (Drystad et al., 2013).

Die selbstberichtete Aktivität der ProbandInnen war sowohl höher als auch niedriger im Gegensatz zu den objektiv gemessenen Daten der körperlichen Aktivität (Prince et al., 2008). Dies führt zu zwei Problemen: Einerseits ist die Verlässlichkeit von subjektiven Erfassungsmethoden eingeschränkt, andererseits ist es nicht möglich, einheitlich über eine Korrektur des Mittelwertes die Validität der Ergebnisse zu verbessern (Prince et al., 2008).

Große Einigkeit besteht bei Forschern über die Schlussfolgerung der oben genannten Erkenntnisse. Für eine umfassende und auch individuell belastbare Einschätzung des Aktivitätsniveaus in der Alltagsumgebung wird die Kombination aus subjektiven und objektiven Methoden empfohlen (Skender et al., 2016, Ainsworth et al., 2014, Dowd et al., 2018). Speziell die Kombination aus Akzelerometrie und subjektiven Fragebogen führt zu den aussagekräftigsten Ergebnissen über das Aktivitätsverhalten von ProbandInnen (Skender et al., 2016). Auch besteht Einigkeit über den Hinweis, dass weitere und populationsspezifische Untersuchungen durchgeführt werden sollten, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen Methoden zu ermöglichen (Dowd et al., 2018).

Es existieren bereits einige Studien, die sich mit der Validität verschiedener Instrumente bei älteren PatientInnen beschäftigen (Chakravarthy and Resnick, 2017, Steward et al., 2001). Die Datenlage für die Validität dieser Methoden bei jungen Erwachsenen, speziell nach einer Krebserkrankung, ist wesentlich unklarer. LeBlanc et al. Zeigten 2010, dass ein Großteil der Jugendlichen (65,4 %) die eigene Zeit in moderater bis intensiver körperlicher Aktivität um mindestens 5 Minuten pro Tag überschätzte (LeBlanc and Janssen, 2010). Die Unterschiede zwischen berichteter und gemessener körperlicher Aktivität stieg mit dem Grad der Inaktivität der Jugendlichen an (LeBlanc and Janssen, 2010).

1.6. Ausblick körperliche Aktivität für junge Erwachsene nach hämatoonkologischer Erkrankung

Der Anteil junger PatientInnen, die eine onkologische Erkrankung überleben, nimmt stetig zu (Krebsregisterdaten, 2017). Junge Erwachsene leiden nach einer Krebserkrankung häufig und erheblich unter Spätfolgen der hämatoonkologischen Therapien (Guy et al., 2014, Tai et al., 2012). Daher scheint die Prävention von Folgeerkrankungen in dieser Gruppe besonders effektiv und sinnvoll. Hier stehen vor allem kardiovaskuläre Erkrankungen im Fokus, weil nach dem Beginn einer

kardiovaskulären Erkrankung das Überleben der PatientInnen eingeschränkt ist (Chao et al., 2016). Eine der günstigsten, nebenwirkungsärmsten und in verschiedenerweise wirksamen Präventionsmethoden dieser Langzeitfolgen sind Sport und körperliche Aktivität (Lemanne et al., 2013, Warburton and Bredin, 2017).

Um bestmögliche Effekte zu erreichen, um Langzeitfolgen von Krebserkrankung und -therapie durch Sport und körperliche Aktivität wirkungsvoll eindämmen oder sogar verhindern zu können, und um potenziell profitierende Individuen identifizieren zu können, bedarf es weiterer Forschung hinsichtlich der Wahl der passenden Instrumente, sowie der Vergleichbarkeit subjektiver und objektiver Methoden. Randomisierte Studien könnten relevante Einblicke in die verschiedenen Erfassungsmethoden für die Beratung dieser hochvulnerablen Patientengruppe bieten.

2. Forschungsfragen

Körperliche Aktivität ist ein starkes und wichtiges Präventionsinstrument, um therapiebedingte Langzeitfolgen hämatoonkologischer Erkrankungen abzumindern. Um junge Erwachsene nach einer Krebserkrankung individuell fundiert beraten zu können, bedarf es Methoden, welche das körperliche Aktivitätsniveau valide einschätzen können. Um eine große Gruppe PatientInnen im Rahmen der Regelversorgung anleiten zu können, sollten diese Methoden kostengünstig und schnell durchführbar sein. Durch ebendiese Eigenschaften zeichnen sich subjektive Erfassungsmethoden der körperlichen Aktivität aus. In der hier durchgeführten Studie wurde daher eine vergleichende Evaluation verschiedener subjektiver Erfassungsmethoden der körperlichen Aktivität bei jungen Erwachsenen nach einer hämatoonkologischen Erkrankung durchgeführt. Um diese vergleichend zu evaluieren wurden der BSA-Fragebogen, die CfC-Screening Frage und ein Bewegungstagebuch hinsichtlich ihrer Fähigkeit der Identifikation eines, auf objektiven Messungen basierenden Bewegungsmangels bewertet. Des Weiteren wurde der Einfluss verschiedener Subkategorien (BMI, Alter, Geschlecht, Zeitlicher Abstand zum Abschluss der hämatoonkologischen Therapie) auf die gemessene Aktivität in Schritten pro Tag getestet. Ferner wurde das potenzielle Bestehen eines untersuchungsbedingten Motivationseffektes und ein Effekt des Wochenendes auf die objektiv gemessene Aktivität überprüft.

Folgenden Fragen wurde untersucht:

1. Welche der untersuchten subjektiven Methoden zur Messung der körperlichen Aktivität zeigt die höchste Validität bei der Identifikation eines, auf objektiven Messungen beruhenden Bewegungsmangels?

Hypothese Ia: Die CfC Screening-Frage ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektive Messungen festgestellten Bewegungsmangels

Hypothese Ib: Der BSA-Fragebogen ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektive Messungen festgestellten Bewegungsmangels

Hypothese Ic: Das Bewegungstagebuch ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektive Messungen festgestellten Bewegungsmangels

2. Lässt sich ein Einfluss der erhobenen Subkategorien (BMI, Alter, Geschlecht, Zeitlicher Abstand zum Abschluss der hämatologischen Therapie) auf die gemessene körperliche Aktivität nachweisen?

Hypothese II: Es besteht ein Einfluss des BMI, Alters, Geschlechts und dem zeitlichen Abstand zum Abschluss der hämatologischen Therapie auf die gemessene körperliche Aktivität.

3. Tertiäre Fragestellung: Lassen sich ein untersuchungsbedingter Motivationseffekt und ein Einfluss des Wochenendes auf die gemessene körperliche Aktivität nachweisen?

Hypothese III: Es liegt eine untersuchungsbedingt gesteigerte Motivation zu vermehrter körperlicher Aktivität vor. Es kommt zu einer Abnahme der gemessenen körperlichen Aktivität im Verlauf des beobachteten Zeitraums.

Hypothese IV: Das Wochenende hat einen Einfluss auf die gemessene körperliche Aktivität. ProbandInnen sind an Wochentagen aktiver als am Wochenende.

3. Methodik

3.1. Ablauf PatientInneneinschluss

3.1.1. Einschlusskriterien

Das Kollektiv der beobachteten ProbandInnen umfasste eine Gruppe von jungen Erwachsenen im Alter von 15 bis 39 Jahren, die im Kindes-, Jugend-, oder jungen Erwachsenenalter von einer malignen Erkrankung betroffen waren. Weitere Einschlusskriterien der „CARE for CAYA“-Studie waren eine abgeschlossene Krebstherapie und das Erreichen einer vollen Remission bei den PatientInnen. Eine schriftliche Einverständniserklärung der ProbandInnen (bei Minderjährigen lag die Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten vor) war vorausgesetzt. Ausschlusskriterien waren das Vorliegen einer schwerwiegenden, behandlungsbedürftigen Erkrankung oder mobilitätslimitierende Beschwerden.

3.1.2. PatientInnenaufklärung und -einverständnis

Es lagen zwei verschiedene PatientInneneinwilligungen vor. Eine Version für Minderjährige (15-17 Jahre mit erforderlicher Unterschrift von PatientIn und Sorgeberechtigten) und eine weitere Version für Volljährige (18 – 39 Jahre). Vor dem Beginn studienspezifischer Untersuchungen oder Befragungen waren eine ärztliche Aufklärung der ProbandInnen, sowie die schriftliche Einverständniserklärung obligatorisch.

3.1.3. Vergabe des Pseudonyms/PatientInnen-ID

Nach dem schriftlichen Einverständnis erfolgte zum Datenschutz die Vergabe einer pseudonymen PatientInnen-Identifikationsnummer (PatientInnenID). Die PatientInnenID bestand aus den Buchstaben CFC (für CARE for CAYA), gefolgt von einer zweistelligen Nummer für das Zentrum (siehe Tabelle 2) und der vierstelligen PatientInnennummer. Die Vergabe der PatientInnennummer erfolgte in aufsteigender Reihenfolge nach Abgabe der Einverständniserklärung beginnend mit 0001.

Die PatientInnenID und die zugehörigen Daten wurden in der PatientInnen-Identifikationsliste hinterlegt. Diese Liste verblieb am jeweiligen Zentrum und wurde nach gängigen Datenschutzrichtlinien für Gesundheitsdaten verwahrt.

3.1.4. Ablehnung der Studienteilnahme

Bei Ablehnung der Studienteilnahme durch die/den PatientIn erfolgte eine Dokumentation mit Ablehnungsbegründung. Diese Dokumentationsbögen wurden alle 3 – 6 Monate von der Konsortialleitung angefordert.

3.1.5. Genehmigung und Registrierung der Studie

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine unabhängige Auswertung von Daten, die im Rahmen der multizentrischen „Care-for-CAYA“- Studie erhoben wurden. Die Studie wurde am 19.01.2018 mit der Registrierungsnummer DRKS00012504 registriert und federführend durch die Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg bewertet und genehmigt.

3.1.6. PatientInnenkollektiv

Bei dieser Arbeit wurden Daten von insgesamt 188 ProbandInnen erhoben und im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen analysiert. Der Zeitraum der Datenerhebung erstreckte sich vom 01.06.2018 bis einschließlich dem 03.10.2019.

3.2. Datenerhebung

3.2.1. Erhebung von medizinischen Daten im Erstkontakt

Die Ersterhebung medizinischer Parameter erfolgte entweder im Rahmen der regulären Nachsorge oder der Studienaufklärung. Folgende spezifische demographische und krankheitsbezogene Parameter wurden in einem Übergabebogen und anschließend in einer Datenbank dokumentiert:

- Alter, Geschlecht, Zeitpunkt der Erstdiagnose, Diagnose, Therapie, familiäres Krebsvorkommen
- Klinische Werte:
 - o Blutdruck (systolisch, diastolisch), Herzfrequenz
 - o Größe, Gewicht, Taillen-(Bauch-) und Hüftumfang
- Daraus erfolgt die Berechnung von:
 - o BMI (Body-Mass-Index) (Formel: $BMI = \text{Gewicht [kg]} / \text{Größe [m}^2\text{]}$)
 - o WHR (Waist-to-hip-Ratio) (Formel: $WHR = \text{Bauchumfang [cm]} / \text{Hüftumfang [cm]}$)

3.2.2. Datenerhebung zur körperlichen Aktivität im Erstkontakt

Zeitgleich zur Erfassung der medizinischen Basisdaten wurden Methoden zur subjektiven Einschätzung der körperlichen Aktivität verwendet. Hierfür wurde die von Salchow et al. entwickelte Screening-Frage (Anlage Screening-Frage), sowie der von Fuchs et al. entwickelte BSA-Fragebogen verwendet (Fuchs et al., 2015) (Anlage BSA-Fragebogen). Die ProbandInnen wurden aufgefordert, ihr Aktivitätsverhalten während einer durchschnittlichen Woche zusammenzufassen. Die Fragebögen wurden in Papierform ausgegeben und mussten mit dem spezifischen PatientInnen-IDs gekennzeichnet werden.

3.2.3. Datenerhebung im Folgekontakt

Im Anschluss an den Erstkontakt mit den ProbandInnen, erhielten diese einen triaxial messenden Akzelerometer der Serie „wGT3x-BT“ vom Hersteller „ActiGraph LCC“ mit Sitz in Pensacola, Florida, USA. PatientInnen fixierten den ActiGraphen am nicht-dominanten Handgelenk und wurden zum siebentägigen Tragen aufgefordert. Der ActiGraph sollte auch bei Nacht und besonders bei sportlichen Betätigungen angelegt bleiben. Lediglich für Körperhygiene (Duschen/ Baden) und bestimmte sportliche Aktivitäten (Wassersport) sollte das Gerät abgelegt werden.

Außerdem erhielten die ProbandInnen ein Bewegungstagebuch. In dem sollten alle die „Alltagsintensität überschreitenden“ Aktivitäten mit Art, Dauer und jeweiliger Intensität dokumentiert werden (siehe Abbildung 9). Beruflich bedingte Aktivitäten sollten ausdrücklich nicht dokumentiert werden.

Nach Ablauf der vorgegebenen Tragezeit von sieben vollen Tagen sendeten die PatientInnen den ActiGraph und das BWT an das jeweilige Zentrum zur Dokumentation und Auswertung der Daten zurück.

Am Standort Hamburg bestand für interessierte ProbandInnen zusätzlich die Möglichkeit einer spiroergometrischen Untersuchung zur genauen Bestimmung der kardiopulmonalen Leistungsbestimmung am Fachbereich Sportmedizin der Universität. Um Störvariablen zu vermeiden, wurde diese Untersuchung zu einem Zeitpunkt durchgeführt, an dem der ActiGraph nicht getragen wurde.

3.3. Erläuterungen zu den gemessenen Parametern

3.3.1. Anthropometrische Erhebungen

Gewicht

Das Gewicht wurde durch eine elektronische Personenwaage mit einer digitalen Gewichtsanzeige gemessen und dokumentiert. Die Waage sollte für alle TeilnehmerInnen an der gleichen, ebenen Stelle stabil stehen. Die PatientInnen sollten beim Wiegen schwere Kleidung ablegen und keine Schuhe tragen.

BMI

Der Body-Maß-Index (kurz: BMI) ist ein Standardmaß für das Verhältnis von Körpergewicht und -größe. Er wird durch die Formel Körpergewicht in Kilogramm / Körpergröße in Meter² berechnet. Der BMI erlaubt eine grundlegende Einschätzung des Ernährungszustandes der ProbandInnen. Die WHO ordnet diese Ergebnisse in die BMI-Ränge Untergewicht (<20), Normalgewicht (>20 – <25), Übergewicht (>25 – <30), sowie Adipositas Grad I, II und III ein (Organisation, 2000). Da der BMI weder das Geschlecht, noch die Statur, noch die Verteilung von Fett- und Muskelmasse miteinbezieht, sind die Ergebnisse lediglich als grobe Maßzahl zu verwenden. Nach der Einordnung durch den Untersuchenden konnte der individuelle BMI-Rang PatientInnen mittels einer BMI-Tabelle erläutert werden.

Der BMI kann bei Kinder und Jugendlichen nicht angewendet werden. Aufgrund der Veränderungen der Körperzusammensetzung beim Übergang ins Erwachsenenalter kann der BMI erst ab dem 18. Lebensjahr auf Männer und Frauen angewendet werden. Bei Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren wird die Diagnose eines Übergewichts mittels Perzentilenkurven vorgenommen. Ab einer Platzierung oberhalb der 90ten Perzentile liegt nach der Kromeyer-Hausschild-Perzentile und KiGGs-BMI-Perzentile ein Übergewicht bis Adipositas vor (Neuhauser et al., 2013, Rosario et al., 2010, Kromeyer-Hauschild et al., 2001).

3.3.2. Verwendete subjektive Erfassungsmethoden

3.3.2.1. Bewegungs- und Sportaktivität (BSA)-Fragebogen

Der 2015 entwickelte BSA-Fragebogen (siehe Abbildungen 5 und 6) eignet sich dazu, das Aktivitätsniveau zu erfassen und in beruflich bedingte körperliche Aktivität, Bewegungsaktivität in der Freizeit, und Sportaktivität im engeren und weiteren Sinne zu differenzieren (Fuchs et al., 2015). Er besteht aus 6 verschiedenen Frageblöcken. In Block 1 und 2 werden berufliche körperliche Aktivitäten erfragt. In den Blöcken 3 und 4 werden verschiedene Alltagsaktivitäten in Bezug auf ihre durchschnittliche Frequenz erfragt und in den Blöcken 5 und 6 werden Frequenz, Art und Dauer regelmäßiger sportlicher Aktivität dokumentiert.

3.3.2.2. CARE-for-CAYA Screening-Frage

Die von Salchow et al. im Rahmen der Care-for-CAYA-Studie (CfC) entwickelte Screening-Frage versucht in möglichst kurzer Form einen validen Eindruck über das Aktivitätsverhalten der TeilnehmerInnen zu erfassen (Salchow et al., 2020) (siehe Abbildungen 7 und 8). Hier wurde die körperliche Aktivität lediglich als „moderate-“ oder „intensive körperliche Aktivität“ erfragt. Die Probandinnen gaben an, an wie vielen Tagen der Woche und jeweils wie lange moderate oder intensive Aktivität in einer durchschnittlichen Woche ausgeführt wurde.

3.3.2.3. Bewegungstagebuch

Im Bewegungstagebuch, welches von der CfC-Studie verwendet wurde, sollten die PatientInnen jegliche körperliche Aktivität dokumentieren, die ein „Alltagsniveau“ überschreitet (Verweis Anlage BWT). Das Bewegungstagebuch wurde parallel zu der mittels ActiGraph beobachteten Woche ausgefüllt und bezog sich in seiner Dokumentation auch speziell auf diese. Die durchgeführten Aktivitäten wurden bezüglich der Art der Aktivität, der Dauer, sowie der subjektiven Intensität festgehalten.

Im Gegensatz zur Screening-Frage und dem BSA-Fragebogen wurde diese subjektive Methode zur Erfassung des Aktivitätsniveaus im Rahmen der hier vorgestellten Studie also einerseits parallel zur objektiven Messung erhoben und bezog sich andererseits nicht auf eine durchschnittliche, sondern auf eine spezifische beobachtete Woche.

3.3.3. Verwendete Objektive Erfassungsmethoden

3.3.3.1. Akzelerometer

Ein Akzelerometer ist ein tragbarer Beschleunigungssensor, der verschiedene Qualitäten körperlicher Aktivität messen und quantitativ bestimmen kann (Migueles et al., 2017). Der verwendete ActiGraph „wGT3x-BT“ bestimmte neben Tragezeit, Schrittzahl und Daten zur Schlafqualität auch die Zeitdauer verschiedener körperlicher Aktivitätsniveaus der ProbandInnen. Diese wurden durch Algorithmen errechnet, welche gemessene Bewegungen pro Minuten (Counts) in ein jeweiliges Intensitätsniveau übersetzten.

Eine der etabliertesten Methoden, um ProbandInnen ein physisches Aktivitätsniveau mittels ActiGraph zuzuordnen, ist die Verwendung der gemessenen Zeit in moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA time) (Troiano et al., 2014). Dieser Ansatz wird jedoch durch die fehlende Standardisierung der Definition der einzelnen Aktivitätsniveaus erschwert. Beispielsweise variiert der Schwellenwert, der zur Definition einer moderaten körperlichen Aktivität verwendet wird, je nach Studie zwischen 200 und <2000 counts/min. (Strath et al., 2013). Des Weiteren wurden die meisten Algorithmen für an der Hüfte getragene Beschleunigungsmesser anhand sehr kleiner Kohorten entwickelt und optimiert (Migueles et al., 2017, Staudenmayer et al., 2015, Sasaki et al., 2011a).

Auf unsere Kohorte angewandt, lieferten die drei etabliertesten Algorithmen, "Freedson 98" (1998) (Freedson et al., 1998), "Freedson VM3" (2011) (Sasaki et al., 2011a), und "Crouter youth" (2018) (Karabulut et al., 2006) keine validen Ergebnisse. Bei Verwendung des „Freedson 98“ Algorithmus wurde die Zeit in moderate bis intensive körperliche Aktivität der ProbandInnen mit durchschnittlich 1174 Minuten pro Woche eingestuft. Die Algorithmen „Freedson VM3“ und „Crouter Youth“ schätzen die körperliche Aktivität mit 2013 und 1291 Minuten MVPA-Zeit pro Woche sogar noch höher ein. Vergleicht man diese Daten mit denen, die mittels Spiroergometrie, subjektiven Fragebögen und Gesprächen mit den Teilnehmenden erhoben wurden, wird deutlich, dass die Bewertungen auf Basis der gegebenen Algorithmen im Vergleich zu den anderen genannten Bewertungsmethoden stark voneinander abweichen. Würden diese Zahlen als gültig angesehen werden, hieße dies, dass die Teilnehmer die WHO-Empfehlungen für körperliche Aktivität im

Durchschnitt um das Zehnfache übertroffen hätten (World Health Organization, 2010) (siehe Tabelle 3).

Verwendeter Auswertungsalgorithmus	MVPA Time (Minuten pro Woche)	Standardabweichung	Zahl der Datensätze (n)
Freedson VM3	2.013,2	710,9	165
Freedson 98	1.174,0	477,8	165
Lee young-adults	1.290,7	528,6	165
Troiano 2008	1.077,0	422,6	165
Romanzini	590,1	284,0	165
Self-estimated 4250	114,2	96,8	165

Tabelle 3: MVPA Time unter Verwendung verschiedener ActiGraphen Auswertungsalgorithmen

Aufgrund dieser Diskrepanz wurde die Anzahl der getätigten Schritte pro Tag gewählt, um die Teilnehmer den Gruppen "ausreichend aktiv" oder "nicht ausreichend aktiv" zuzuordnen. In verschiedenen Studien wurde festgestellt, dass die Verwendung von „Schritten pro Tag“ eine valide Methode für die Bestimmung des körperlichen Aktivitätsniveaus ist (Bassett et al., 2017, Tudor-Locke and Bassett, 2004, Albaum et al., 2019). Bei der Auswahl eines Grenzwerts für Schritte/Tag spielen zwar mehrere Faktoren eine Rolle, aber in diesem Fall wurde er, wie von Tudor-Locke et al. vorgeschlagen, auf 12 500 Schritte pro Tag (für sehr aktive Teilnehmer) festgelegt (Tudor-Locke and Bassett, 2004). Damit liegen die von uns angelegten Richtwerte oberhalb der von der WHO empfohlenen Grenze. Die WHO empfiehlt ein Minimum von 10.000 Schritten pro Tag (Organization, 2008). Oberhalb des Schwellenwerts von 12.500 Schritten ergeben sich jedoch zusätzliche gesundheitliche Vorteile für die ProbandInnen (Organization, 2008). Dieser höhere Schwellenwert wurde letztlich mit dem Ziel gewählt, die stärkste mögliche positive Wirkung bei der besonders gefährdeten Kohorte der AYA-Krebsüberlebenden zu erzielen. Ein weiterer Grund für die Wahl dieses höheren Schwellenwerts für Schritte pro Tag lag an der Altersdemografie der beobachteten Population. Die Empfehlungen der WHO richten sich an Erwachsene im

Alter von 18 bis 65 Jahren (World Health Organization, 2010, Organization, 2008). Für Jugendliche und junge Erwachsene, die einen großen Anteil der von uns untersuchten PatientInnengruppe stellen, empfiehlt die WHO ein höheres Maß an körperlicher Aktivität (Organization, 2008, World Health Organization, 2010, Adams et al., 2013). Außerdem zeigte sich bereits in Studien (Riel et al., 2016), dass das Tragen des ActiGraphen am Handgelenk zu einer höheren Anzahl gemessener Schritten führte, als wenn das Gerät in derselben Zeitspanne an anderen Orten (z.B. Hüfte oder Sprunggelenk) getragen wurde. Aufgrund der oben genannten Faktoren war die Gefahr der Überschätzung des Aktivitätsniveaus der ProbandInnen gegeben. Bei einer Überschätzung der Aktivität könnte es zu einer falschen Einordnung des Aktivitätsniveaus kommen. Nicht-ausreichend aktive ProbandInnen könnten dennoch als ausreichend aktiv klassifiziert werden. Letztlich käme es zu keiner Intervention, trotz des Bestehens eines Interventionsbedarfes. Die falsche Einschätzung einer nicht-ausreichend aktiven Patientin als ausreichend aktiv hätte deutliche negative Folgen, da die Intervention dazu beitragen könnte, Lebenszeit und -qualität zu steigern. Die falsche Einschätzung einer ausreichend aktiven Patientin als nicht-ausreichend aktiv hätte dagegen bei PatientInnen mit einem Aktivitätsniveau im Grenzbereich der Interventionspflichtigkeit keine negativen Folgen für das Individuum. Um den Ausschluss von ProbandInnen aufgrund einer fehlerhaften Einschätzung des Aktivitätsniveaus zu vermeiden, wurden daher hohe Anforderungen für die Klassifizierung als ausreichend aktiv gewählt.

Ein Datensatz wurde als auswertbar klassifiziert und in die Gesamtauswertung mit einbezogen, wenn eine Mindesttragezeit von 10 Stunden an mindestens 4 der beobachteten 7 Tagen erreicht wurde. Dies entspricht der gängigen Vorgehensweise im Rahmen von Studien, welche den ActiGraphen zur Bestimmung des Aktivitätsniveaus verwenden (Miguelles et al., 2017).

Die erhobenen Daten des ActiGraphen bildeten die Basis für die Zuordnung zu den zwei Aktivitätsgruppen und weiteren Analysen der TeilnehmerInnen der Studie.

3.3.3.2. Spiroergometrie

Bei einer freiwilligen Hamburger Subkohorte wurde zusätzlich eine spiroergometrische Belastungsuntersuchung durchgeführt. Hierbei wurde ein Fahrradergometer vom Typ Ergoselect, und zur Erfassung der Daten ein automatisiertes Laborsystem vom Typ

„Cosmed CPET“ verwendet. Die TeilnehmerInnen durchliefen ein standardisiertes Protokoll mit einem Start bei einer Intensität von 25 Watt und anschließender, kontinuierlicher Steigerung der Intensität um 25 Watt alle drei Minuten. Das Beenden erfolgte bei Erfüllung der Abbruchkriterien oder aufgrund der subjektiven Erschöpfung des/der ProbandIn. Die Datenerhebungen wurde durch geschulte MitarbeiterInnen des UCCH und des sportmedizinischen Zentrums am UKE durchgeführt.

Bei der Auswertung lag besonderes Augenmerk auf der VO₂max sowie der erbrachten maximalen Leistung der ProbandInnen in Relation zum jeweiligen Körpergewicht (Watt pro kg), da diese Parameter direkte Rückschlüsse auf die kardio-pulmonale Leistungsfähigkeit der ProbandInnen erlauben. In der untersuchten Kohorte wurden 23 Spiroergometrien durchgeführt. 95,6 % (n = 22) dieser Spiroergometrien wurden als auswertbar bewertet. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden diese Daten primär zur internen Validierung der Einteilung der TeilnehmerInnen in die Gruppen „ausreichend aktiv“ und „nicht ausreichend aktiv“ auf Basis der ActiGraphen verwendet.

Da eine spiroergometrische Untersuchung lediglich zur Bestimmung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit genutzt wird, ist eine direkte Schlussfolgerung der Ergebnisse zur Bewertung des Aktivitätsverhaltens der PatientInnen im Alltag nicht sinnvoll (Breuer, 1997).

3.4. Datenauswertung

3.4.1. Primäre Fragestellung

3.4.1.1. Auswertung Akzelerometrie

Im Anschluss wurden die TeilnehmerInnen auf der Grundlage des errechneten Wertes durchschnittlich getätigter Schritte pro Tag (steps per day) den beiden Gruppen „ausreichend aktiv“ und „nicht ausreichend aktiv“ zugeordnet. Aufgrund der in Abschnitt 3.3.3.1 erläuterten Gründe wurde ein Grenzwert durchschnittlich 12.500 Schritten pro Tag verwendet.

Um diese Grenze intern zu validieren, wurde geprüft, ob eine signifikante Korrelation zwischen den Schritten pro Tag und der, ebenfalls mit dem ActiGraphen bestimmten, MVPA-Time vorliegt. Aufgrund der langjährigen Erfahrung und der hohen

wissenschaftlichen Vergleichbarkeit wurde der 2011 von Sasaki entwickelte „Freedson adult VM3“-Algorithmus angewandt (Sasaki et al., 2011b). Ein weiteres Argument für diese Entscheidung war die Nutzung des gleichen ActiGraph-Modells (wGT3x) bei der Erstellung des Algorithmus. Außerdem basiert der „Freedson adult VM3“-Algorithmus auf dreidimensionaler Messung der Aktivität (Sasaki et al., 2011b). Dadurch erhofften wir uns einen realitätsnäheren Einblick in das Aktivitätsverhalten der ProbandInnen.

3.4.1.2. Auswertung der CfC-Screening-Frage

Für die Ermittlung des Gesamtwertes der Zeit in körperlicher Aktivität wurden die Angaben der ProbandInnen bezüglich der Tage in moderater körperlicher Aktivität in einer durchschnittlichen Woche mit der angegebenen Dauer der Aktivitäten multipliziert. Dasselbe wurde mit den Angaben zur intensiven körperlichen Aktivität durchgeführt.

Im Anschluss wurden die Ergebnisse summiert, um jeder TeilnehmerIn eine Gesamtdauer der körperlichen Aktivität in Form von Minuten pro Woche zuzuordnen.

3.4.1.3. Auswertung BSA-Fragebogen

Der BSA-Fragebogen wurde nach dem Konzept der Entwickler des Fragebogens Fuchs et al. ausgewertet (Fuchs et al., 2015). Lediglich der erste Abschnitt zur beruflichen Aktivität wurde für die Vergleichbarkeit mit den anderen subjektiven Erfassungsmethoden in dieser Arbeit ausgeschlossen.

In Abschnitt zwei, der Abfragung zur Freizeitaktivität, wurden die Angaben der ProbandInnen bezüglich der Frequenz pro Woche mit der durchschnittlichen Dauer der Aktivität pro Tag multipliziert. Die Ergebnisse der Einzelaktivitäten wurden summiert.

In Abschnitt drei, der Abfragung der Sportaktivität, wurden die Angaben der ProbandInnen bezüglich der Frequenz pro Woche ebenfalls mit der angegebenen durchschnittlichen Dauer der jeweiligen Aktivität multipliziert. Beim Vorliegen mehrerer regelmäßiger sportlicher Aktivitäten wurden die Ergebnisse summiert.

Im Anschluss wurden die Gesamtergebnisse der TeilnehmerInnen summiert, um jedem Individuum eine Gesamtdauer der körperlichen Aktivität in Minuten pro Woche zuzuordnen.

3.4.1.4. Auswertung des Bewegungstagebuchs

Im Zuge der Auswertung des Bewegungstagebuchs wurde als erster Schritt eine Kontrolle und Bereinigung der Angaben der ProbandInnen durchgeführt. Die TeilnehmerInnen der Studie wurden bei Ausgabe des BWT explizit darauf hingewiesen, dass nur solche Aktivitäten dokumentiert werden sollten, die das „Alltagsniveau überschreiten“. Außerdem sollte „beruflich bedingte Aktivität“ nicht erfasst werden.

Um dies zu gewährleisten, wurden jegliche Aktivitätsdokumentationen auf Einhaltung dieser Vorgaben geprüft und um unqualifizierte Einträge bereinigt. Die Zuordnung zur beruflich bedingten Aktivität erfolgte durch Einzelfallentscheidungen auf Basis der Freitextangabe zur Art der Aktivität. Die Entscheidung, ob die jeweilige Aktivität das geforderte Mindestmaß an Intensität erfüllt, wurde durch die Einordnung der angegebenen Aktivität ins „Compendium of physical activities 2011“, von Marie Ainsworth et al., sichergestellt (Ainsworth et al., 2011).

Im Anschluss an den Datenbereinigungsprozess wurden die dokumentierten Zeitintervalle summiert und als Gesamtwert von Minuten pro Woche zusammengefasst.

3.4.1.5. Weiterverarbeitung der Daten

Die Angaben der TeilnehmerInnen wurden zur Gewährleistung einer statistischen Vergleichbarkeit der subjektiven Messmethoden weiterverarbeitet. Die drei verglichenen subjektiven Methoden waren durch starke Ausreißer gekennzeichnet. So dokumentierten einzelne ProbandInnen im BWT eine körperliche Aktivität von 4296 Minuten pro Woche und im BSA-Fragebogen von 5290 Minuten pro Woche. Diese unrealistischen Einschätzungen von 12,6 Stunden körperlicher Aktivität pro Tag drohten, die Mittelwerte gravierend zu beeinflussen. Um diesen Effekt einzudämmen, und gleichzeitig die PatientInnen mit ihrer Selbstwahrnehmung als „hoch-aktiv“ nicht gänzlich aus den Analysen auszuschließen, entschieden wir basierend auf den Empfehlungen statistischer Beratungen, die Angaben der TeilnehmerInnen auf das 95te Perzentil zu Winsorisieren. Im Zuge dessen wurden die Angaben von ProbandInnen, deren dokumentierte Gesamtzeit in körperlicher Aktivität das 95te Perzentil überstiegen, auf eben diesen Wert reduziert. Daraufhin wurden sowohl die

Ergebnisse der subjektiven Methoden als auch die des ActiGraphen auf Normalverteilung getestet.

3.4.1.6. Prüfung der Hypothesen der primären Fragestellung

Nach Bereinigung der Daten wurde anschließend für jede der subjektiven Methoden zur Erfassung der körperlichen Aktivität geprüft, ob die jeweilige Methode einen signifikanten Unterschied zwischen den auf Basis der ActiGraphen definierten Gruppen „ausreichend aktiv“ und nicht ausreichend aktiv“ erkennen konnte. Nach Ausschluss des Vorliegens einer Normalverteilung wurde zum Mittelwertvergleich ein Mann-Whitney-U Test verwendet.

Außerdem wurde die Modellqualität der drei verglichenen subjektiven Messmethoden mittels Receiver-Operating-Characteristics(ROC)-Analyse bewertet.

3.4.2. Sekundäre Fragestellung

Für die Beantwortung der sekundären Fragestellung wurden beim Erstkontakt Angaben der PatientInnen bezüglich BMI, Alter, Geschlecht und dem zeitlichem Abstand zum Abschluss der hämatonkologischen Therapie erhoben. Die Daten wurden dokumentiert und anschließend zusätzlich in kategorisierte Form umgewandelt. Bezogen auf den BMI wurde das TeilnehmerInnenkollektiv in 4 Gruppen unterteilt, in „Unter-/Normalgewichtig“ (BMI <20), „Normalgewichtig“ (BMI 20-25), „Übergewichtig“ (BMI 25-30) und „Adipös“ (BMI >30). Das Alter der ProbandInnen wurde auf Grundlage einer deskriptiven Analyse in die Gruppen „Jung“ (Alter <20), „Mittel“ (Alter 20-30) und „Alt“ (Alter >30) eingeteilt. Alle TeilnehmerInnen teilten sich nach eigenen Angaben den Kategorien „Männlich“ oder „Weiblich“ zu. Die Kategorien des Zeitabstands zur onkologischen Therapie wurde auf Grundlage der deskriptiven Verteilung der ProbandInnen, sowie gängiger Einteilung der Literatur zu diesem Fachgebiet in die Gruppen „Kurz“ (Zeitabstand <1 Jahr), „Mittel“ (Zeitabstand 1-5 Jahre), „Lang“ (Zeitabstand 5-10 Jahre) und „Sehr lang“ (Zeitabstand >10 Jahre) eingeteilt.

Zur Sicherstellung einer hohen mathematischen Präzision der Testung wurden die Subkategorien als stetige Variablen geprüft. Um andererseits eine bessere klinische Übertragbarkeit und höhere Aussagekraft zu ermöglichen, wurden die Subkategorien ebenfalls als kategorisierte Variablen getestet.

Mittels Univariater Varianzanalyse wurde anschließend geprüft, ob die Subkategorien einen signifikanten Einfluss auf die gemessene körperliche Aktivität in Form von Schritten pro Tag darstellten.

3.4.3. Tertiäre Fragestellung

Für die Ermittlung eines möglicherweise vorliegenden Motivations- oder Wochenendeffekts wurde im ersten Schritt jedem mittels ActiGraph gemessenen Tag die Rangfolge des Messtages im Rahmen der beobachteten Woche zugeordnet (1 bis 7). Außerdem wurde durch Verwendung des Messdatums zu jedem Tag die Zugehörigkeit zur Arbeitswoche oder dem Wochenende festgelegt (Wochentage (Montag bis Freitag) →1, Wochenende (Samstag und Sonntag) →2). Anschließend wurde, nach statistischer Beratung, der Datensatz in ein „wide-to-long“ Format transformiert. Dieser Schritt bot die Möglichkeit, über alle Testsubjekte hinweg Mittelwerte der Aktivität (Schritte pro Tag) für die einzelnen Tage der Messung zu bestimmen.

3.4.3.1. Analyse des Motivationseffekts

Zur Ermittlung eines möglichen Motivationseffekts wurden die durchschnittlichen Aktivitätswerte (Schritte pro Tag) der einzelnen Tage miteinander verglichen und schließlich mittels Analyse gemischter Modelle auf signifikante Unterschiede zwischen den beobachteten Tagen untersucht.

3.4.3.2. Analyse des Wochenendeffekts

Für die Untersuchung des Datensatzes auf einen möglichen Effekt des Wochenendes auf die gemessene körperliche Aktivität der TeilnehmerInnen in Form von Schritten pro Tag wurden die Durchschnittswerte der ProbandInnen für die fünf Wochentage und beide Wochenendtage ermittelt. Daraufhin wurde mittels Univariater Varianzanalyse auf einen signifikanten Einfluss des Kriteriums „Wochenende“ (ja/nein) auf die Anzahl der getätigten Schritte getestet.

3.4.4. Statistik

Im Rahmen der Auswertung erfolgte eine mehrmalige Beratung und Planung der durchgeführten Analysen gemeinsam mit Statistikern des Instituts für medizinische Biometrie und Epidemiologie des UKE. Die statistische Auswertung wurde mittels der Statistik-Software IBM SPSS Statistics Version 26 durchgeführt. Bei fehlenden Werten wurde der Datensatz der jeweiligen Messmethode aus der Gesamtauswertung ausgeschlossen. Die Testung auf Normalverteilung erfolgte durch Kolmogorov-Smirnov sowie Shapiro-Wilk und Q-Q Diagramme. Korrelationsanalysen erfolgten nach Pearson und Spearman. Zur Beantwortung der spezifischen Forschungsfragen wurden Mann-Whitney-U Tests, ROC-Analysen, gemischte Modelle, sowie univariate Varianzanalysen durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % ($p < 0,05$) festgelegt.

4. Ergebnisse

4.1. Baseline-Variablen und Fragebogenrücklauf

Insgesamt wurden $n = 187$ PatientInnen im Zeitraum von Juni 2018 bis Oktober 2019 in die Studie eingeschlossen. Den größten Anteil mit $n = 57$ hatte das Zentrum Hamburg, gefolgt von den Zentren Lübeck mit $n = 23$, Erlangen mit $n = 18$, Münster mit $n = 15$, Hannover und Würzburg mit jeweils $n = 13$ und Essen mit $n = 10$. Außerdem waren die Zentren Magdeburg mit $n = 9$, Bonn mit $n = 7$, Jena mit $n = 6$, Freiburg und Stuttgart mit $n = 4$ und Rostock mit $n = 2$ an der Erhebung der Daten beteiligt. Die ProbandInnen waren größtenteils PatientInnen, bei denen nach dem „Care-for-CAYA“ Protokoll ein Interventionsbedarf im Bereich körperlicher Aktivität festgestellt wurde ($n = 169$). Der Bedarf wurde hier durch das Verfehlen des von der WHO empfohlenen Mindestmaßes an Aktivität in der Screening-Frage definiert (Ding et al., 2020). Ein kleinerer Anteil der ProbandInnen ($n=18$) bestand aus TeilnehmerInnen der CfC-Studie, welche nach subjektiven Angaben die Kriterien der WHO erfüllten, die aber dennoch Interesse an einer objektiven Einordnung ihres Aktivitätsniveaus äußerten.

Nach der Anwendung des Qualitätsstandards bezüglich der Datenqualität des ActiGraphen (Mindesttragezeit 4 Tage à 10 Stunden) wurden 88,2 % ($n = 165$) der Datensätze als „auswertbar“ klassifiziert, nur diese wurden im Rahmen der Studie weiterverarbeitet. 11,8 % der Datensätze ($n = 22$) erfüllten diese Mindestanforderungen nicht und wurden daher in den weiterführenden Analysen nicht berücksichtigt.

Der Rücklauf der auswertungsrelevanten, subjektiv erfassten Dokumentationen ($n = 165$) zur körperlichen Aktivität ergab folgendes Bild: Die Screening-Frage wurde von 98,8 % der TeilnehmerInnen ($n = 163$) beantwortet. Bei 1,2 % ($n = 2$) der PatientInnen konnten keine Angaben zur Screening-Frage erhoben werden. Nach Ausschluss von fehlerhaften Rückläufern von insgesamt 18,4 % ($n = 30$) der Datensätze konnten die Angaben von 82,6 % ($n = 133$) der ProbandInnen zur Screening-Frage in die weiterführende Analyse einbezogen werden.

Der BSA-Fragebogen wurde von 98,8 % ($n = 163$) der ProbandInnen beantwortet. Bei 1,2 % ($n = 2$) konnte kein Datensatz erhoben werden. Von den zurück erhaltenen BSA-Fragebögen konnten 83,6 % ($n = 140$) der Datensätze in die Auswertung mit

einbezogen werden. 16,4 % (n = 23) der beantworteten BSA-Fragebögen mussten aufgrund von mangelhaften Angaben für weiterführende Analysen exkludiert werden.

Von den ausgegebenen Bewegungstagebüchern wurden 89,7 % (n = 148) ausgefüllt an die Zentren zurückgesendet. Davon erfüllten 91,1 % (n = 136) die erforderlichen Qualitätskriterien. Insgesamt 8,9 % (n = 12) Datensätze mussten aufgrund mangelhafter Auswertbarkeit aus der weiterführenden Analyse ausgeschlossen werden.

Gründe für die Klassifizierung eines Datensatzes als nicht-auswertbar waren das fehlerhafte Ausfüllen, das Auslassen von Abschnitten des Fragebogens oder die Abwesenheit jeglicher Aktivitätsdokumentation der untersuchten Methode.

Um eine adäquate Auswertung zu gewährleisten, wurden für die weitere Analyse der subjektiven Messmethoden und zur Beantwortung der primären Forschungsfrage ausschließlich Daten von PatientInnen verwendet, welche einen Datensatz für alle verglichenen Methoden nachweisen konnten (n = 103). Das umfasste einen die Anforderungen erfüllenden Datensatz des ActiGraphen, als auch Ergebnisse der Screening-Frage, des BSA-Fragebogens und des Bewegungstagebuchs.

4.2. Soziodemographische und biometrische Variablen

Insgesamt wurden die Daten von 187 PatientInnen zwischen 15 und 39 Jahren erhoben. Die PatientInnen hatten ein durchschnittliches Alter von 26,4 Jahren mit einer (Standardabweichung (SD) von 7,0 Jahren. 67 % der TeilnehmerInnen gaben eine Zugehörigkeit zum weiblichen Geschlecht an (n = 112). Die Durchschnittsgröße der ProbandInnen betrug 170,0 (SD = 9,3 cm), das durchschnittliche Gewicht betrug 74,0 kg (SD = 20,1kg). Der errechnete BMI der Kohorte lag im Durchschnitt bei 25,4 (SD = 6,4). 6 PatientInnen machten keine Angaben zu Ihren biometrischen Daten. Die angegebene Zeit seit dem Abschluss der onkologischen Therapie lag bei 7,7 Jahren (SD = 7,2). 29 Teilnehmer machten keine Angaben zum Abschluss der hämatoonkologischen Therapie (siehe Tabelle 4). Nach dem Ausschluss von TeilnehmerInnen aufgrund von Qualitätsmängeln des Datensatzes der ActiGraphen verblieben 165 Datensätze für die Analysen der subjektiven Fragebögen. Das Durchschnittsalter dieser Kohorte betrug 26,5, Jahre mit einer SD von = 7,0. Das Verhältnis der Geschlechterverteilung war mit 71,5 % (n = 118) klar zu Gunsten der

Frauen gewichtet. Nur 28,5 % (n = 47) der Patienten waren männlichen Geschlechts (siehe Tabelle 4).

Patientencharakteristika	Pat. Gesamt	Nicht ausreichend aktiv	Ausreichend aktiv
Geschlecht m/w	47/118	36/76	11/42
Alter (Jahre; MW \pm SD)	26,5 \pm 7,0	26,5 \pm 6,6	28,0 \pm 7,3
BMI (Wert; MW \pm SD)	25,4 \pm 6,1	25,7 \pm 5,9	25,9 \pm 5,9
Abstand Therapieende	7,59 \pm 7,0	7,9 \pm 6,9	6,9 \pm 7,2
Schritte pro Tag	11252 \pm 2815	9704 \pm 1756	14253 \pm 1532

Tabelle 4: Soziodemographische und biometrische Variablen des PatientInnenkollektiv

Dieses primäre PatientInnenkollektiv zeigte eine durchschnittliche Körpergröße von 169,9 cm (SD = 9,2cm) und ein Gewicht von 73,4 kg (SD = 19,6kg). Der BMI wurde mit einem durchschnittlichen Wert von 25,4 (SD = 6,1) im Grenzbereich zwischen Normal- und Übergewicht bestimmt. 4 PatientInnen machten keine Angaben bezüglich ihrer biometrischen Daten. Die vergangene Zeit seit dem Abschluss der onkologischen Therapie betrug bei n = 141 im Mittel 7,59 Jahre (SD = 7,01). 24 TeilnehmerInnen machten keine Angaben bezüglich des Zeitraums seit dem Ende der onkologischen Behandlung.

Nach finaler Qualitätsanalyse und dem Ausschluss aller PatientInnen ohne auswertbare Datensätze in allen untersuchten Modalitäten verblieb ein Kollektiv von 103 PatientInnen für abschließende Analysen und die Beantwortung der untersuchten Fragestellungen. Die verschiedenen Stufen der Datenbereinigung zeigten keine signifikanten Unterschiede im Ausmaß der gemessenen körperlichen Aktivität (siehe Tabelle 5). Die TeilnehmerInnen, deren Information in die Beantwortung der Forschungsfragen eingegangen waren, zeigten ein Durchschnittsalter von 26,5 Jahren (SD = 7,1), eine durchschnittliche Körpergröße von 170,4 cm (SD = 8,3 cm) und ein durchschnittliches Gewicht von 75,0 kg (SD = 19,1 kg). Der durchschnittliche BMI lag bei 25,7 bei einer Standardabweichung von 6,1. 77 ProbandInnen gaben eine Zugehörigkeit zum weiblichen Geschlecht an. Die Zeit seit der Beendigung der

hämatoonkologischen Therapie wurde im Durchschnitt mit 7,3 Jahren (SD = 7,3 Jahre) angegeben. 14 Patientinnen machten keine Angaben zu Beendigung der hämatoonkologischen Therapie. Eine TeilnehmerIn machten keine Angaben zu ihren biometrischen Daten.

4.3. Objektive Einschätzung des Aktivitäts- und körperlichen Leistungsniveaus

Nach der Bestimmung der durchschnittlichen Schrittzahl pro Tag mit einer Mindesttragezeit von 10 Stunden wurden die ProbandInnen durch den Grenzwert von 12.500 Schritten pro Tag in die Gruppen „ausreichend aktiv“ (≥ 12.500) und „nicht ausreichend aktiv“ (<12.500) eingeteilt. Hier zeigte sich, dass 67,9 % ($n = 112$) der TeilnehmerInnen dieses Ziel verfehlt, und nur 32,1 % ($n = 53$) die gewählten Kriterien zur Definition einer ausreichenden Aktivität erfüllt hatten (siehe Abbildung 10).

Die Anzahl der durchschnittlich getätigten Schritte betrug im Mittel 11252,3 bei einer SD von 2815,3. Die durchschnittliche Tragezeit der einbezogenen Tage ($n = 1069$) betrug im Mittel 1285 Minuten (SD = 204,9 Minuten). In weiterer Testung zeigte sich, dass die erhobenen Daten von Schritten pro Tag nach Komlogorov-Smirnov (Signifikanz = 0,200) und Shapiro-Wilk (Signifikanz = 0,528) als Normalverteilt bewertet werden konnten (siehe Abbildung 11).

Die gemessene Zeit in körperlicher Aktivität (MVPA-Time) wurde nach dem „Freedson adult VM3“-Algorithmus auf durchschnittlich 303,3 Minuten (SD = 95,4) pro Tag mit ausreichender Tragezeit bestimmt. Auch diese Messung wurde mit einem Signifikanzwert von $p = 0,055$ im Kolmogorov-Smirnov-Test und $p = 0,154$ im Shapiro-Wilk-Test als normalverteilt bewertet (siehe Abbildung 12).

Um die Validität der Einschätzung des Aktivitätsniveaus der ProbandInnen auf Basis der Schritte zu kontrollieren, wurde die Rangliste der TeilnehmerInnen in Schritten pro Tag mit der Rangliste der TeilnehmerInnen auf Basis der MVPA-Time pro Woche mittels Korrelationsprüfung getestet. Aufgrund der Normalverteilung der Daten wurde zur Korrelationsprüfung die Testung nach Bravais-Pearson durchgeführt. Die Zahl der getätigten Schritte korrelierte signifikant ($r = 0,827$, $p = 0,00$, $n = 165$) mit der Zeit in moderater bis intensiver körperlicher Aktivität. Dabei handelt es sich nach Cohen um einen starken Effekt (Cohen, 1977b, Cohen, 1977a).

Nach vorheriger Analyse zeigten 67,9 % der TeilnehmerInnen ein Bewegungsdefizit. Um diese Einschätzung weiter zu Validieren, wurden die Ergebnisse der Spiroergometrischen Belastungstestung hinzugezogen. Da dieser Datensatz deutlich kleiner ist und von einer gefilterten Subgruppe freiwilliger TeilnehmerInnen stammt, wurden die Ergebnisse lediglich deskriptiv aufbereitet. Die Leistungsparameter der PatientInnen (VO₂max und maximale Leistung) wurden mit geschlechts- und gewichtsspezifischen Erwartungswerten, resultierend aus einer gesunden Vergleichskohorte, verglichen (Wonisch et al., 2003, Wonisch, 2015, Jones et al., 1989).

Sowohl bei der Analyse der maximal möglichen Leistung (max. Watt), als auch bei der maximal möglichen Sauerstoffkapazität (VO₂max) zeigten sich Defizite bei der beobachteten Kohorte. Bei den Frauen (n = 18) betrug der auf Basis von Alter, Geschlecht und Gewicht errechnete, und demzufolge zu erwartende Wert der maximal möglichen Leistung im Mittel 156,4 Watt. Die gemessene Leistung lag dagegen nur bei 126,7 Watt (SD = 23,3W). Bei den Männer (n = 4) lag der Erwartungswert der maximalen Leistung bei 253,7 Watt, der gemessene Wert dagegen nur bei 195 Watt (SD = 13,5W). Ähnliche Ergebnisse zeigten sich beim Vergleich der maximal möglichen Sauerstoffkapazität der beobachteten Kohorte mit einer gesunden Vergleichspopulation. Hier zeigte sich, dass 52,2 % der ProbandInnen (n = 12) im Bereich der 0 – 10ten Perzentile des Erwartungswertes lagen (Cooper Institute (Dallas, 2007).

Von den 22 PatientInnen, die an einer spiroergometrischen Untersuchung teilnahmen, lagen von 14 der PatientInnen auswertbare Datensätze zu allen untersuchten Modalitäten vor. Von diesen 14 Datensätzen erfüllten wiederum 10 (71,4 %) nicht die Anforderungen, um auf Basis Messungen der ActiGraphen als „ausreichend aktiv“ bewertet werden zu können. Im Vergleich der gemessenen Aktivität – in Form von Schritten pro Tag – der „Gruppe Spirometrie“ mit der Gesamtkohorte zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Bei den TeilnehmerInnen der Spiroergometrie lag der Mittelwert der Schritte pro Tag bei 11.233,4 (SD 2598,0). Die Gesamtkohorte zeigte mit einer durchschnittlichen Schrittzahl von 11.294,7 (SD 2664,4) nahezu identische Ergebnisse (siehe Tabelle 6).

Folglich bekräftigen die Ergebnisse der Spiroergometrie die Einschätzung der Kohorte als wenig fit, beziehungsweise nicht ausreichend aktiv.

4.4. Subjektive Einschätzung des Aktivitätsniveaus

Um einen homogenen und validen Vergleich der subjektiven Methoden mit den Messungen der ActiGraphen zu ermöglichen, beziehen sich die folgenden Informationen ausschließlich auf die ProbandInnen, die in die Beantwortung der primären Fragestellung mit einbezogen wurden. Insgesamt wurden die Daten von 103 ProbandInnen vergleichend analysiert. Die Angaben der ProbandInnen zu ihrer körperlichen Aktivität variierten im Vergleich der drei verwendeten Fragbögen deutlich.

In der Auswertung der Screening-Frage ergab sich im Durchschnitt eine dokumentierte Gesamtaktivität von 167 Minuten (SD = 152,4) pro Woche (siehe Abbildung 13). Die Analyse der BSA-Fragebögen ergab eine deutlich höhere dokumentierte Gesamtaktivität, auch wenn die Verteilung ähnlich blieb. Hier bewerteten die TeilnehmerInnen ihre Aktivität mit im Durchschnitt 616,1 Minuten (SD = 619,1) pro Woche (siehe Abbildung 14).

Mit Hilfe des Bewegungstagebuchs schätzten die ProbandInnen ihr körperliche Aktivität im Mittel mit 359,7 Minuten (SD = 277,3) pro Woche ein (siehe Abbildung 15).

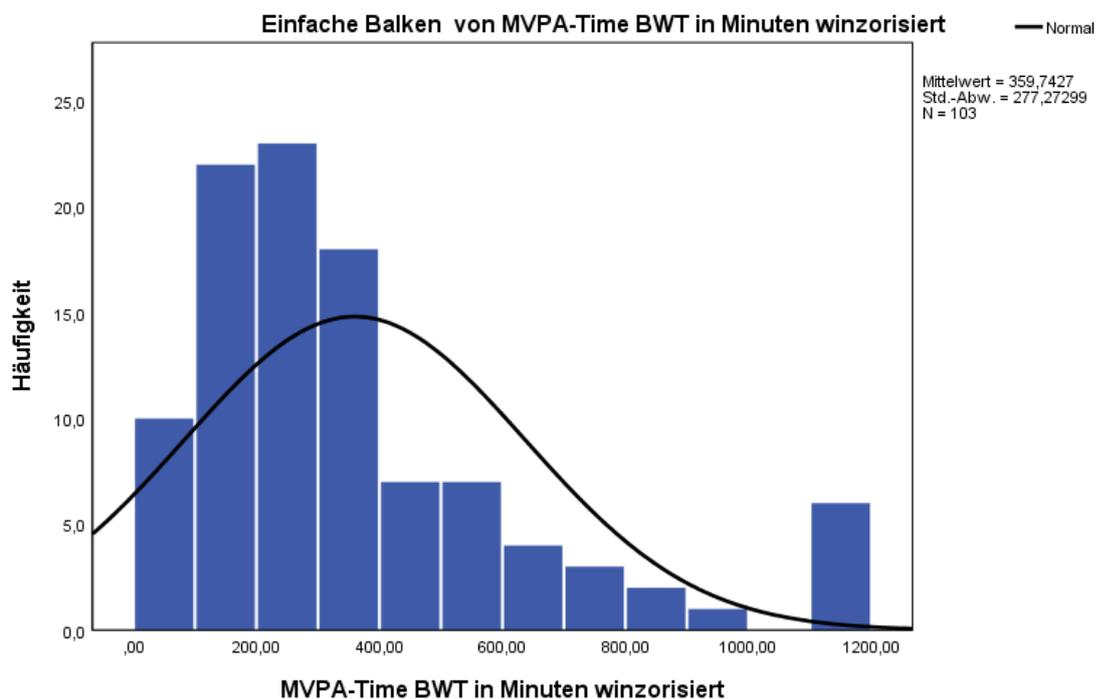


Abbildung 15: MVPA-Time nach subjektiver Dokumentation unter Verwendung des Bewegungstagebuchs

4.5. Beantwortung der primären Fragestellung

Hypothese Ia: Die CfC Screening-Frage ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektive Messungen festgestellten Bewegungsmangels

Nach statistischen Formatierungen der Angaben der ProbandInnen wurde die Qualität der subjektiven Erfassungsmethode hinsichtlich der Identifikation eines Bewegungsmangels getestet. Die Angaben der TeilnehmerInnen wurden nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk auf das Vorliegen einer Normalverteilung getestet. Die Normalverteilungshypothese musste nach graphischer Analyse und einem $p = 0,000$ verworfen werden. Daher wurde anschließend mit den Basisdaten der Screening-Frage ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Hier zeigte sich, dass die Screening-Frage mit einem p-Wert von $p = 0,493$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen identifizieren konnte. Die dokumentierte Gesamtaktivität lag nach der Auswertung der Screening-Frage in der Gruppe der „ausreichend aktiven“ im Median bei 120 Minuten pro Woche. Die Gruppe der „nicht-ausreichend aktiven“ gaben im Median 97,5 Minuten pro Woche körperliche Aktivität an. Die errechneten Mittelwerte lagen bei 210,1 (Gruppe „ausreichend aktiv“), beziehungsweise 148,4 (Gruppe „nicht-ausreichend aktiv“) Minuten pro Woche (siehe Abbildung 16).

Um die Ergebnisse weiter einzuordnen, wurde die Qualität der Methode mittels einer Receiver-Operating-Characteristics (ROC)-Analyse bestimmt. Hier erwies sich die Screening-Frage mit einer AUC (area-under-the-curve) von 0,598 als nicht geeignet zur Identifikation eines gemessenen Bewegungsmangels. Die Gesamtmodellqualität wurde mit 0,48 als schlecht bewertet. Die Hypothese muss daher abgelehnt werden.

Hypothese Ib: Der BSA-Fragebogen ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektive Messungen festgestellten Bewegungsmangels

Nach statistischer Weiterverarbeitung der Daten wurden die Angaben der ProbandInnen näher untersucht. Dafür wurden die Ergebnisse des BSA-Fragebogens zwischen den Gruppen „ausreichend aktiv“ und „nicht ausreichend aktiv“ verglichen. Zunächst wurden die Angaben der TeilnehmerInnen nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk auf das Vorliegen einer Normalverteilung getestet. Nach graphischer Analyse und einem p-Wert von $p = 0,000$ musste die Normalverteilungshypothese im

Ergebnis verworfen werden. In der weiteren Untersuchung wurden die Ergebnisse des BSA-Fragebogens einem Mann-Whitney-U-Test unterzogen. Hier zeigte sich, dass der BSA-Fragebogen mit einer asymptotischen Signifikanz (2-seitig) von $p = 0,25$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den definierten Gruppen erkennbar werden ließ. In der Ergebnisanalyse des BSA-Fragebogens zeigte sich in der Gruppe der „ausreichend Aktiven“ im Median eine körperliche Aktivität von 630 Minuten pro Woche. Die Gruppe der „nicht-ausreichend aktiven“ gab im Median 380 Minuten pro Woche körperliche Aktivität an. Die errechneten Mittelwerte lagen bei 770,8 (Gruppe „ausreichend aktiv“) beziehungsweise 559,5 (Gruppe „nicht-ausreichend aktiv“) Minuten pro Woche (siehe Abbildung 17).

Um einen noch differenzierteren Eindruck über die Modellqualität des BSA-Fragebogen bezüglich unserer Kohorte zu erhalten, wurde im Anschluss eine ROC-Analyse durchgeführt. Hier erwies sich der BSA-Fragebogen mit einer AUC von 0,640 als untauglich für die Identifikation von Individuen mit einem objektiv gemessenen Bewegungsmangel. Die Gesamtmodellqualität wurde mit 0,52 als schlecht bewertet. Daher muss die Hypothese abgelehnt werden.

Hypothese Ic: Das Bewegungstagebuch ist ein valides Instrument zur Identifikation eines durch objektiven Messungen festgestellten Bewegungsmangels.

Für die Beantwortung der Fragestellung wurden die Angaben der ProbandInnen im BWT nach statistischen Formatierungen auf die Eignung zur Identifikation eines Bewegungsmangels getestet. Nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk wurden die Angaben der TeilnehmerInnen zunächst auf das Vorliegen einer Normalverteilung getestet. Die Normalverteilungshypothese musste nach graphischer Analyse und einem $p = 0,000$ verworfen werden. Daher wurde im Anschluss mit den Basisdaten des Bewegungstagebuches ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Hier zeigte sich, dass das Bewegungstagebuch mit einem p-Wert von $p = 0,000$ einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen identifizieren konnte. Die dokumentierte Gesamtaktivität im BWT lag bei der „ausreichend aktiven“ Gruppe im Median bei 400 Minuten pro Woche. Die Gruppe der „nicht-ausreichend aktiven“ gab im Median nur 240 Minuten pro Woche körperliche Aktivität an. Die errechneten Mittelwerte lagen bei 514,9 (Gruppe „ausreichend aktiv“) beziehungsweise 293,0 (Gruppe „nicht-ausreichend aktiv“) Minuten pro Woche (siehe Abbildung 18).

Populationspyramide Gruppenvergleich MVPA-Time BWT in Minuten
Interventionsbedarf nach Schritten pro Tag

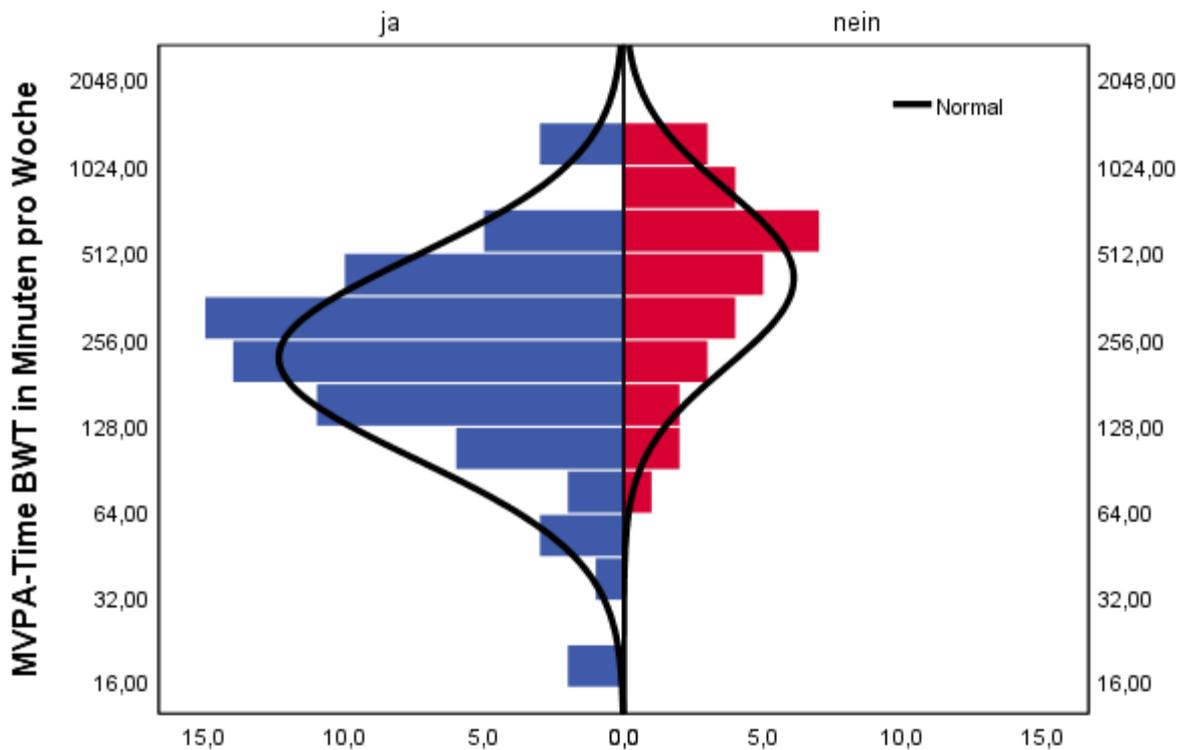


Abbildung 18: Dokumentierte MVPA unter Verwendung des BSA-Fragebogens, Vergleich der Gruppe „ausreichend aktiv“ versus „nicht ausreichend aktiv“ nach objektiver Messung auf Basis der Schritten pro Tag

Für die weiterführende Einordnung der Ergebnisse wurde die Modellqualität des BWT mittels einer ROC-Analyse geprüft. Das BWT wurde hier mit einer AUC von 0,725 als „fair“ eingeschätzt. Die Gesamtmodellqualität wurde mit 0,61 bewertet. Die Hypothese wird daher angenommen. Im Anschluss wurde untersucht, welcher Grenzwert für die angegebene Dauer in körperlicher Aktivität im Bewegungstagebuch bei der von uns beobachteten Kohorte zu empfehlen wäre, um ein Bewegungsdefizit zu detektieren. Der Grenzwert mit dem besten Verhältnis von Spezifität und Sensitivität lag bei unserer Kohorte bei 300 Minuten pro Woche. Unter Verwendung dieses Schwellenwertes wäre eine korrekte Zuordnung zu den, auf objektiven Messungen basierenden Gruppen „ausreichend aktiv“ und „nicht ausreichend aktiv“ mit einer Sensitivität von 74,2 % und einer Spezifität von 65,3 % gelungen (siehe Abbildung 19).

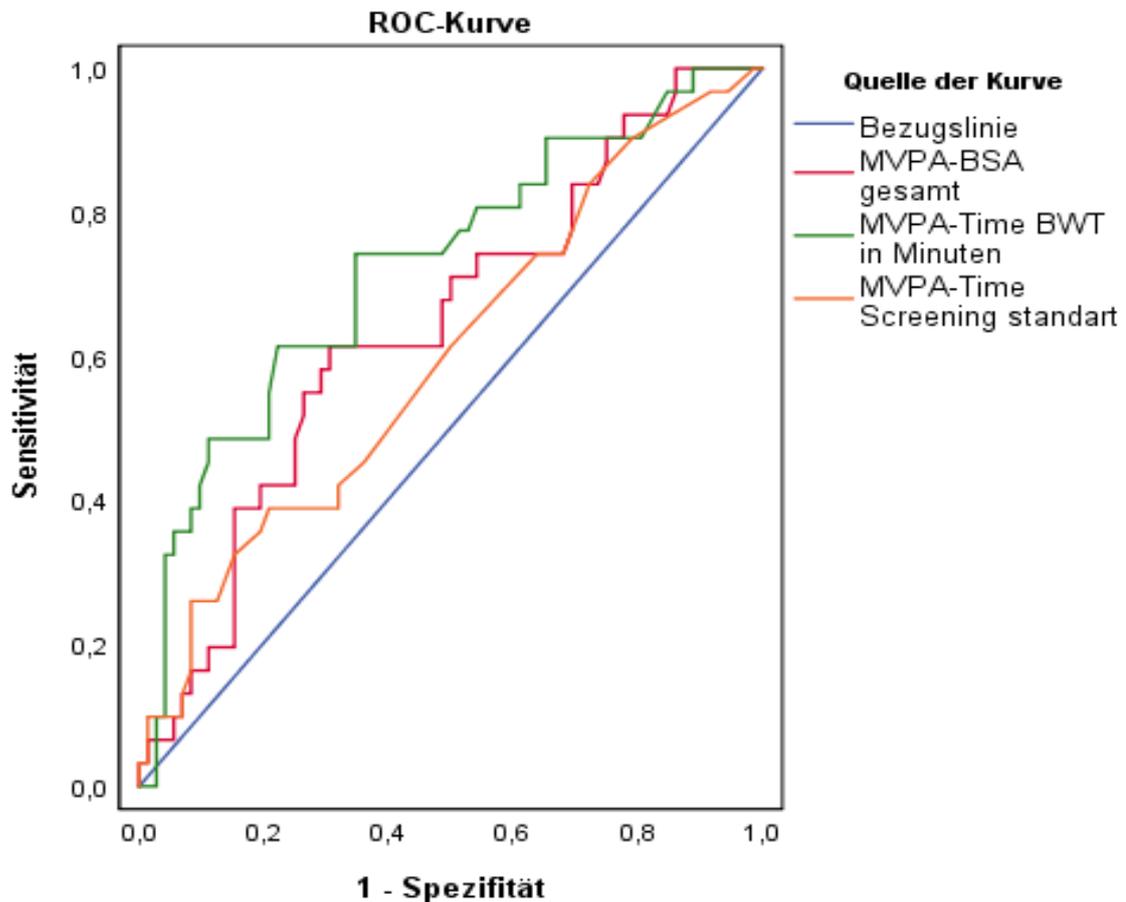


Abbildung 19: Analyse Ergebnisqualität der verglichen subjektiven Erfassungsmethoden mittels ROC-Analyse

4.6. Beantwortung der sekundären Fragestellung

Hypothese II: Es besteht ein Einfluss des BMI, Alters, Geschlechts und des zeitlichen Abstands zum Abschluss der hämatoonkologischen Therapie auf die gemessene körperliche Aktivität.

Im Rahmen der sekundären Fragestellung wurde überprüft, ob die erhobenen Subkategorien BMI, Alter, Geschlecht und zeitlicher Abstand zum Abschluss der onkologischen Therapie signifikante Einflussfaktoren auf die gemessene Aktivität in Schritten pro Tag darstellten. 137 ProbandInnen machten Angaben für alle erfragten Subkategorien. Im ersten Schritt wurde mittels univariater Varianzanalyse geprüft, ob ein signifikanter Einfluss der oben genannten Variablen in stetiger Form vorliegt. Für die Variablen Alter ($p = 0,147$), BMI ($p = 0,096$), und Zeitraum nach Therapieende ($p = 0,240$) konnte kein signifikanter Einfluss festgestellt werden. Auch bei der Analyse der Subkategorien als kategorisierte Variable zeigte sich ein

ähnliches Bild. Der Einfluss des BMI ($p = 0,099$), des Alters ($p = 0,233$), sowie des Zeitabstandes zum Abschluss der onkologischen Therapie ($p = 0,265$) wurde als nicht signifikant bewertet.

Der Einfluss der Geschlechterzugehörigkeit wurde dagegen mit einem p-Wert von $p = 0,012$ als signifikant bewertet. Frauen tätigten im Durchschnitt 11.603 Schritte pro Tag, Männer dagegen nur 10370 Schritte pro Tag (siehe Abbildung 20).

Die Hypothese der sekundären Fragestellung musste daher für die Subgruppen „BMI“, „Alter“ und „Zeitabstand zum Ende der onkologischen Therapie“ abgelehnt werden. Aufgrund des signifikanten Unterschiedes im Vergleich der Geschlechter konnte die Hypothese II für einen Einfluss der Subgruppe „Geschlecht“ auf die gemessene körperliche Aktivität bestätigt werden (siehe Tabellen 7 bis 10).

4.7. Beantwortung der Tertiären Fragestellung

Hypothese III: Es liegt eine untersuchungsbedingt gesteigerte Motivation zur vermehrten körperlichen Aktivität vor. Es kommt zu einer Abnahme der gemessenen körperlichen Aktivität im Verlauf des beobachteten Zeitraums.

Hypothese IV: Das Wochenende hat einen Einfluss auf die gemessene körperliche Aktivität. ProbandInnen sind an Wochentagen aktiver als am Wochenende.

Die Prüfung der Hypothese III erfolgte als Analyse, inwieweit sich das Aktivitätsverhalten der ProbandInnen im Verlauf der beobachteten Woche verändert hatte. Dafür wurde die über alle ProbandInnen gemittelte durchschnittliche Aktivität der jeweiligen Messtage errechnet und mit derjenigen anderer Tage der beobachteten Woche verglichen. Im ersten Schritt wurde geprüft, ob die Tragezeit unter den einbezogenen Tagen stark variiert, um diesen Parameter als Einflussfaktor auszuschließen. Es zeigte sich eine konstante Tragezeit der einbezogenen Tage im Verlauf der Woche mit einer Schwankungsbreite von 1263,1 bis 1308,9 Minuten pro Tag (siehe Tabelle 11).

Im Anschluss wurde geprüft, ob sich die durchschnittliche Anzahl der getätigten Schritte pro Tag im Verlauf der Woche verändert hatte. Diese Auswertung zeigte eine Abnahme der Aktivität im Verlauf der Woche. Der Tag mit der höchsten gemessenen Aktivität war mit 11.823 zugleich der erste Tag der Messung. Der Tag mit der

niedrigsten Zahl getätigter Schritt war mit 10.983 der letzte Tag der beobachteten Woche (siehe Tabelle 12).

Hinsichtlich der Fragestellung eines möglichen Wochenendeffektes zeigte die Datenanalyse folgendes Ergebnis. An einem durchschnittlichen Wochentag (Montag bis Freitag) wurden von den TeilnehmerInnen bei $n = 752$ im Mittel 11.672 Schritte (SD = 38,72) getätigt. An einem Wochenendtag (Samstag oder Sonntag) bei $n = 316$ dagegen in Durchschnitt 10.533 Schritt (SD = 4147) (siehe Tabelle 13).

4.7.1. Prüfung der Hypothesen

Hypothese III: Es liegt eine untersuchungsbedingt gesteigerte Motivation zu vermehrter körperlicher Aktivität vor. Es kommt zu einer Abnahme der gemessen körperlichen Aktivität im Verlauf des beobachteten Zeitraums.

Hypothese IV: Das Wochenende hat einen Einfluss auf die gemessene körperliche Aktivität. ProbandInnen sind an Wochentagen aktiver als am Wochenende.

Die Prüfung beider Hypothesen wurde die Signifikanz der beiden Einflüsse in einem gemischten linearen Modell getestet. Im Ergebnis wurden sowohl der Wochenendeffekt, als auch der Einfluss eines Motivationseffektes als signifikant bewertet. Die ProbandInnen führten an einem Samstag oder Sonntag circa 1202 Schritte pro Tag weniger aus, als an einem durchschnittlichem Wochentag. Bei $n = 1068$ wurde der Wochenendeffekt mit einem p-Wert von $p = 0,000$ als signifikant bewertet. Der Einfluss des Tages innerhalb der untersuchten Woche wurde mit einem p-Wert von $p = 0,017$ ebenfalls als signifikant gewertet. Die Aktivität der ProbandInnen nahm im Verlauf der beobachteten Woche im Durchschnitt um 177,8 Schritte pro Tag ab. Daher wurden beide Hypothesen im Test bestätigt.

5. Diskussion

5.1. Diskussion der primären Fragestellung

Ziel dieser Studie war es, eine valide Methode zur Bestimmung des körperlichen Aktivitätsniveaus bei jungen erwachsenen Krebsüberlebenden im Alter von 15 bis 39 Jahren zu finden. Daraus sollte eine Empfehlungsgrundlage zur besten Beurteilung des körperlichen Aktivitätsniveaus in der beobachteten Kohorte entwickelt werden. Zur Beantwortung dieser primären Forschungsfrage wurden die durch verschiedene subjektive (Bewegungstagebuch, BSA-Fragebogen, Screening-Frage) und objektive (tragbarer Beschleunigungsmesser (ActiGraph)) Messmethoden erhobenen Daten zur körperlichen Aktivität miteinander verglichen.

Aufgrund ihrer höheren Genauigkeit im Vergleich zu subjektiv berichteten Messungen wurden objektiv gemessene Daten als Basis dieser Auswertung zur Einschätzung des Aktivitätsniveaus ausgewählt (Dowd et al., 2018, Westerterp, 2009, Crane et al., 2020). Im Bereich der objektiven Messungen der körperlichen Aktivität haben sich tragbare Geräte wie der ActiGraph etabliert. Sie genießen eine hohe Akzeptanz, da sie im Alltag integrierbar sind und über einen längeren Zeitraum hinweg toleriert werden können (Ainsworth et al., 2014). Dies ist besonders zu berücksichtigen, da die alltägliche Aktivität laut WHO eine Schlüsselkomponente bei der Bewertung gesundheitsprotektiven Verhaltens einer Person darstellt (World Health Organization, 2010, Ding et al., 2020).

Eine der gebräuchlichsten Methoden in der Anwendung eines ActiGraphen ist die Erfassung der Zeit, die mit mäßiger bis starker körperlicher Aktivität verbracht wurde (MVPA-Zeit). So können ProbandInnen einem körperlichen Aktivitätsniveau zugeordnet werden. Dieser Ansatz wird jedoch durch fehlende Standardisierung bei der Definition der einzelnen Stufen erschwert. So variiert beispielsweise der Schwellenwert für die Definition mäßiger körperlicher Aktivität je nach Studie zwischen 200 und 2000 Zählungen/Min (Strath et al., 2013), so sind Ergebnisse studienübergreifend nur eingeschränkt vergleichbar.

Angewendet auf die von uns erhobenen Daten ergaben drei weit verbreitete Cut-off-Werte für die Einteilung in Intensitätsniveaus, namentlich "Freedson 98" (1998) (Freedson et al., 1998), "Freedson VM3" (2011) (Sasaki et al., 2011a), und "Crouter

youth" (2018) (Karabulut et al., 2006), keine validen Ergebnisse. Bei Verwendung des "Freedson 98"-Algorithmus wurden durchschnittlich 1174 Minuten MVPA-Zeit pro Woche gemessen. Bei Anwendung der anderen Cut-off-Werte wurden noch höhere Werte errechnet. So ergaben die "Freedson VM3"- und "Crouter youth"-Algorithmen 2013 bzw. 1291 Minuten MVPA-Zeit pro Woche. Würden diese Zahlen als gültig angesehen, würde das bedeuten, dass die Teilnehmer die WHO-Empfehlungen für körperliche Aktivität im Durchschnitt um das Zehnfache überschreiten würden (World Health Organization, 2010) (siehe Tabelle 3). Bei vielen Alltagsaktivitäten sind die gemessenen Beschleunigungen am Handgelenk deutlich höher als die am Hüftgelenk bei denselben Aktivitäten (Straczkiewicz et al., 2019). Daher gaben die verwendeten Algorithmen bei der Platzierung am Handgelenk fälschlich erhöhte Werte aus.

Aufgrund dieser Diskrepanz, und weil eine gute Evidenz und geringere Fehleranfälligkeit für die Verwendung getätigter Schritte pro Tag als Maßstab zur Klassifizierung des Aktivitätsniveaus vorliegt, entschieden wir uns für Letzteres und differenzierten die TeilnehmerInnen auf eben dieser Grundlage (Bassett et al., 2017, Silva et al., 2015). Basierend auf dem für unsere Klassifizierung gewählten Cut-Point-Wert von 12.500 Schritten pro Tag erfüllten 67,9 % (n = 112) der Teilnehmer die Kriterien der Gruppe "ausreichend aktiv" nicht.

Im Vergleich zu objektiven Messmethoden erwies sich das Bewegungstagebuch als die effektivste subjektive Erhebungsmethode, körperliche Inaktivität zu identifizieren. Unter den drei miteinander verglichenen subjektiven Methoden war dies die einzige, mit der ein signifikanter Unterschied zwischen den definierten Gruppen festgestellt werden konnte. Mit einem p-Wert von 0,000 wurde dieser Effekt als relevant und signifikant bewertet. Mit einer AUC von 0,725 in der ROC-Analyse wurde die Modellqualität des Bewegungstagebuchs jedoch nur mit „fair“ (mittelmäßig) eingeschätzt (Carter et al., 2016). Daher ist das BWT für die Klassifikation größerer Kohorten in Hinblick auf ihre Aktivität geeignet; eine genaue Vorhersage auf individueller Ebene scheint jedoch nur begrenzt möglich zu sein.

Von den auf Grundlage der objektiven Messungen als "nicht ausreichend aktiv" eingeschätzten TeilnehmerInnen gaben 40% im BWT mehr als 150 Minuten körperliche Aktivität pro Woche an. Bei Anwendung der von der WHO empfohlenen Grenzwerte würde ihr Bewegungsverhalten fälschlicherweise als "ausreichend aktiv" gewertet werden. Aufgrund dieser Unschärfe scheint die alleinige Verwendung des

Bewegungstagebuchs als Screening-Methode für das Bestehen eines Interventionsbedarfes zur Steigerung der körperlichen Aktivität aktuell nur eingeschränkt geeignet zu sein. Eine isolierte Verwendung des BWT könnte dazu führen, dass ein Großteil der Teilnehmenden, die von intensiver körperlicher Aktivität profitieren würden, nicht identifiziert werden. Diese Tendenz zur Überschätzung der eigenen körperlichen Aktivität war bei allen subjektiven Methoden zu beobachten und wurde auch schon früher in der Literatur beschrieben (Dowd et al., 2018, Ainsworth et al., 2014, Drystad et al., 2013).

Bei der Auswertung individueller BWT wurden wesentliche Gründe für das beobachtete Phänomen der übermäßigen Aktivitätsdokumentation deutlich. Der erste Grund lag in der sehr unterschiedlichen Definition körperlicher Aktivität bei den Befragten, deren Anstrengungswahrnehmung möglicherweise schon vor der Messung divergent war. So gaben Befragte, die regelmäßig körperliche Aktivitäten höherer Intensität (z. B. Laufen, Schwimmen oder Mannschaftssportarten) ausübten, häufig lediglich die Teilnahme an diesen Sportarten an. TeilnehmerInnen, die keine derartigen Aktivitäten ausübten, dokumentierten eher Aktivitäten des täglichen Lebens (z. B. zu Fuß zur Arbeit gehen, Lebensmittel einkaufen, putzen usw.). Es scheint unwahrscheinlich, dass PatientInnen die regelmäßig intensiven Sport betreiben keinerlei Haushaltstätigkeiten wie Staubsaugen, Aufräumen oder Einkaufen betreiben. Wahrscheinlicher ist die Erklärung, dass Individuen mit regelmäßiger intensiver körperlicher Aktivität dazu neigen diese Alltagsaktivitäten nicht anzugeben, weil diese ihrer Meinung nach die subjektive Intensitätsschwelle zur Dokumentation nicht erreichten. Diese Wahrnehmung könnte dazu geführt haben, dass Aktivitäten des täglichen Lebens nicht als relevante körperliche Aktivität eingeschätzt und daher nicht im Tagebuch dokumentiert wurden. Das führte dazu, dass die subjektiven Methoden die beiden definierten Gruppen nicht klar voneinander unterscheiden konnten. Weitere potenzielle Faktoren könnten die Beeinflussung der Ergebnisse durch soziale Erwünschtheit sein. Dies bedeutet die Tendenz der ProbandInnen, das erfragte Verhalten in einer Weise zu berichten, die von anderen als positiv angesehen wird (Adams et al., 2005). Typischerweise werden dabei entweder erwünschte Verhaltensweisen über- bzw. unerwünschte Verhaltensweisen untertrieben berichtet. Des Weiteren könnte auch eine Motivationssteigerung aufgrund der Studienteilnahme selbst ein potenzieller Einflussfaktor auf die erhobenen Daten darstellen (Clemes and

Deans, 2012, Michie et al., 2009). Die Veränderung des Verhaltens, bzw. die Steigerung der Produktivität durch das Wissen der Beobachtung wurde bereits in den 1930er Jahren als sogenannter Hawthorne-Effekt beschrieben (McCarney et al., 2007).

Trotz der aufgezeigten Schwächen subjektiver Methoden zur Bestimmung der Aktivität konnten Scott et al. 2018 zeigen, dass eine Steigerung der körperlichen Aktivität in subjektiven Erfassungsmethoden eine signifikante Reduktion der Mortalität in der Kohorte der jungen Krebsüberlebenden bewirkte (Scott et al., 2018). Durch weitere Erfahrung mit subjektiven Methoden zur Aktivitätsbestimmung, sowie dem Erkennen struktureller und konzeptioneller Fehler bei Erhebung und Analyse der Daten, könnte die Validität dieser Methoden und die Korrelation zwischen einer Steigerung der körperlichen Aktivität und der Mortalitätsreduktion potenziell noch deutlich gesteigert werden.

Für nachfolgende Studien zum Aktivitätsniveau junger Erwachsener nach einer Krebserkrankung empfehlen wir nach heutigem Kenntnisstand die Kombination aus objektiver und subjektiver Messung der körperlichen Aktivität. Die objektive Messung sollte durch einen ActiGraphen durchgeführt werden. Ergänzend zu dieser objektiven Messung sollte eine subjektive Datenerhebung in Form eines BWTs erfolgen. Diese Art der Dokumentation ermöglicht es ProbandInnen, weiterführende Informationen zu Dauer, Art und Intensität der körperlichen Aktivität zu erläutern. Das kann dazu beitragen, Auswertungslücken zu schließen. Speziell Wassersportarten und andere Aktivitäten, für welche ein ActiGraph abgelegt werden muss, könnten so erfasst werden. Des Weiteren könnte anhand eines Bewegungstagebuches zwischen beruflich bedingter und privat ausgeübter körperlicher Aktivität unterschieden werden. Ein ausführliches Vorgespräch und detaillierte Erläuterungen zur Funktion und Art der Dokumentation der körperlichen Aktivität im BWT wären essenziell, um eine vergleichbare Basis für studienübergreifende Auswertungen zu schaffen.

Langfristig scheint die Zukunft der wissenschaftlichen Bestimmung körperlicher Aktivitätsniveaus einer größeren Kohorte von ProbandInnen in einer Kombination aus standardisierten Auswertungen von aktivitätsmessenden Handy-Apps und zusätzlich einer digitalen Dokumentation subjektiver Aktivitätswahrnehmung zu liegen. Die technischen Möglichkeiten einer detaillierten Messung der Aktivität sind bei den meisten aktuellen Smartphones bereits gegeben. Da die überwiegende Mehrheit

junger Erwachsener im Alltag ein Smartphone bei sich trägt, entstünde ProbandInnen kein Mehraufwand, wie er zum Beispiel durch das Mitführen eines Akzelerometers oder Herzschlagmessers entsteht. Damit wäre ein mögliches Akzeptanzproblem beseitigt, das sich in einer zu geringen Tragezeit niederschlagen kann.

Zusätzlich könnten auch die Daten von verschiedenen Fitness-Messgeräten (z.B. Fit-bit, Smartwatches etc.) in die objektive Bestimmung des Aktivitätsniveaus mit einbezogen werden. Hierdurch könnten noch präzisere Einblicke in das Aktivitätsverhalten der ProbandInnen gelingen, da hier weitere Daten wie die gemessene Herzfrequenz in die Bewertung verschiedener Aktivitäten miteinbezogen werden könnten. Dies wäre insbesondere bei Aktivitäten sinnvoll, welche das Tragen eines Smartphones am Körper nicht zulassen. Beispiele hierfür wären intensive Mannschaftssportarten (Fußball, Handball) sowie Aktivitäten, die über eine Schritt- oder Beschleunigungsmessung nur in unzureichendem Maße dargestellt werden können, wie etwa Rudern oder Fahrradfahren. Im Idealfall würde sich eine derartige digitale Messung durch einen Datenabgleich mit einem BWT ergänzen lassen.

Die Anwendung einer digitalen Dokumentation könnte auch dazu führen, dass sich das Zeitintervall zwischen Ausführung und Dokumentation einer Aktivität verringert. Eine längere Zeitspanne kann zu einer reduzierten Informationsqualität führen, etwa dadurch, dass sich im Rückblick Ungenauigkeiten in Bezug auf Art, Dauer und Intensität körperlicher Aktivität häufen, oder auch dadurch, dass ganze Aktivitäten in Vergessenheit geraten. Trotz existierender technischer Möglichkeiten liegen noch keine Konzepte für die kombinierte Einschätzung der körperlichen Aktivität auf Basis von Messung und Dokumentation in Smartphones vor.

Eine Herausforderung, die in diesem Kontext allerdings auch gemeistert werden muss, ist die Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben zur Cybersicherheit der auszuwertenden hochintimen Gesundheitsdaten. Es bedarf mithin der Entwicklung von Programmen und Geräten, welche sowohl die technischen Voraussetzungen zur Aktivitätsmessung als auch die Anforderungen der deutschen und europäischen Datenschutzrichtlinien erfüllen.

5.2. Diskussion der sekundären Fragestellung

Um weitere Informationen aus den erhobenen Daten zu gewinnen, wurden Analysen bezüglich des Einflusses verschiedener soziodemographischer Faktoren durchgeführt. Die Hypothese dieser sekundären Fragestellung prognostizierte einen Einfluss der objektiv gemessenen Aktivität durch die gewählten Kategorien Geschlecht, Alter, BMI sowie des zeitlichen Abstands zum Ende der onkologischen Therapie.

Die hier durchgeführten Analysen konnten lediglich einen signifikanten Einfluss der angegebenen Geschlechterzugehörigkeit nachweisen. Weibliche Probandinnen führten im Schnitt 1233 Schritte mehr pro Tag aus als die verglichenen männlichen Teilnehmer. Für die weiteren untersuchten Faktoren konnte kein signifikanter Einfluss dargestellt werden.

Bei der vulnerablen Kohorte der jungen Krebsüberlebenden (AYAs) besteht aktuell noch keine ausreichende Datenlage zu vorliegenden Aktivitätsniveaus, Ansätzen zur Steigerung der Aktivität sowie dem Einfluss verschiedener soziodemographischer Variablen (Adams et al., 2021). Beim Vergleich unserer Studienpopulation mit nicht onkologisch vorerkrankten jungen Erwachsenen werden aber einige Unterschiede deutlich.

In vielen Studien korreliert ein hoher BMI bei jungen Erwachsenen invers mit dem Ausmaß der durchgeführten körperlichen Aktivität (Grasdalsmoen et al., 2019, Laredo-Aguilera et al., 2019). 2018 zeigten die Forschenden, dass die mittels Akzelerometer im Alltag gemessene Aktivität mit steigendem BMI abnahm (Ramirez et al., 2018). In der von uns untersuchten Kohorte konnte dieser Trend bestätigt werden. Aufgrund der limitierten Fallzahl unserer Untersuchung zeigte sich dieser Effekt aber nicht signifikant ($p = 0,09$). Des Weiteren könnte der Effekt durch eine Stichprobenverzerrung kaschiert worden sein. Durch die freiwillige Studienteilnahme liegt zudem die Vermutung nahe, dass bei den TeilnehmerInnen eine grundsätzliche Motivation zur Identifikation von Verbesserungspotenzialen sowie der Bereitschaft vorliegen, Aspekte des eigenen Lebensstils zu hinterfragen und ggf. zu verändern. Dies könnte erklären, warum auch bei adipösen PatientInnen keine signifikanten Unterschiede der gemessenen körperlichen Aktivität vorlagen.

Der Einfluss des Zeitabstandes zum Ende der onkologischen Therapie auf die gemessene körperliche Aktivität wurde bei jungen Erwachsenen bisher noch nicht spezifisch untersucht. Die Forschung hat bislang noch keine einheitliche Definition von Klassen von Langzeitüberleben hervorgebracht. Wir erachteten es als sinnvoll, die beobachtete Kohorte in vier Gruppen (<1 Jahr, 1 bis 5 Jahre, >5 Jahre und >10 Jahre) zu unterscheiden. In der Auswertung zeigte sich eine mit zunehmendem Abstand zum Ende der onkologischen Therapie kontinuierlich leicht abfallende gemessene körperliche Aktivität. Die Gruppe mit Therapieabschluss innerhalb der letzten 12 Monate zeigte mit durchschnittlich 11.726 Schritten pro Tag die höchste Aktivität. Die TeilnehmerInnen mit einem Abschluss der Therapie vor über 10 Jahren führten mit 10.614 Schritten pro Tag die geringste Menge körperlicher Aktivität durch. Dieser Effekt zeigte sich ebenfalls nicht signifikant. Dieses Ergebnis lässt die Interpretation zu, dass sich die Gruppe der Langzeitüberlebenden (>10 Jahre), im Gegensatz zu den PatientInnen mit erst kürzlich abgeschlossener onkologischer Therapie, wieder komplett im Lebens- und Arbeitsalltag befinden und somit weniger Zeit und Energie in gesundheitsprotektives Verhalten investieren können. Für einige der ProbandInnen liegen die Erkrankungen bereits Jahrzehnte zurück. Nun wieder komplett im Berufsleben integriert und zum Teil mit eigener Familie, besteht womöglich kein akuter Fokus mehr auf der eigenen medizinischen Geschichte, sowie der Prävention von therapiebedingten Langzeitfolgen. Ein anderer Erklärungsansatz dieses Ergebnisses könnte in der noch intensiven Nachbetreuung der ProbandInnen, deren Therapie erst in den vergangenen 12 Monaten abgeschlossen wurde, liegen. Die anfänglich erfolgenden engmaschigen Nachsorgekontrollen und ggf. bereits vorhanden Unterstützungs-, und Aufklärungsprogramme könnten bei diesen PatientInnen zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und konsekutiv verstärkter Umsetzung der Empfehlungen zu gesundheitsprotektivem Verhalten und körperlicher Aktivität führen. Viele Studien, die sich mit der Korrelation zwischen dem Alter von PatientInnen und dem Ausmaß der ausgeführten körperlichen Aktivität beschäftigen, kommen zu dem Ergebnis, dass mit steigendem Lebensalter eine Abnahme körperlicher Aktivität einher geht (Ramirez et al., 2018). Das lässt sich sowohl für Krebsüberlebende wie auch eine nicht erkrankte Vergleichspopulation gleichermaßen nachweisen. (Park et al., 2021). Die Datenlage für junge Erwachsene nach einer Krebserkrankung ist auch in diesem Punkt unzureichend. Zum Beispiel untersuchten Park et al. das Aktivitätsverhalten der

Gesamtgruppe der Krebsüberlebenden, aber, wie bei vielen anderen Studien auch, lag hier der Anteil der über 50-Jährigen bei über 75 % (Park et al., 2021). Aufgrund der jungen Altersstruktur der von uns beobachteten Kohorte sind diese Ergebnisse daher nur bedingt übertragbar.

Auch die spezielle Beobachtung junger Erwachsener (18 bis 29 Jahre) ohne den Hintergrund einer zurückliegenden onkologischen Erkrankung durch Leslie et al. (Leslie et al., 2001) korreliert nicht mit dem Verhalten unserer Testpopulation. Die ForscherInnen konnten eine signifikante Reduktion der körperlichen Aktivität bei zunehmendem Lebensalter nachweisen, doch dieser Effekt wurde in unserer Kohorte nicht nachgewiesen. Jugendliche (15 bis 19 Jahre) und Erwachsene vom 30. bis 39. Lebensjahr zeigten eine tendenziell höhere Aktivität als 20- bis 29-jährige PatientInnen.

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen keine publizierten Daten zum potenziellen Einfluss der Geschlechterzugehörigkeit in der Kohorte der jungen Krebsüberlebenden auf das Aktivitätsniveau vor. Beim Vergleich der körperlichen Aktivität zwischen Männern und Frauen bei Krebsüberlebenden der Altersklasse 20 bis 49 dokumentierten Park et al. keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Park et al., 2021). Unter Verwendung des IPAQ-SF Fragebogens zeigten junge weibliche Krebsüberlebende jedoch eine höhere Adhärenz an die Empfehlungen zur körperlichen Aktivität als eine nicht-vorerkrankte Vergleichspopulation (Park et al., 2021). Bei der Betrachtung junger Erwachsener ohne den Hintergrund einer hämatoonkologischen Erkrankung konnten Ramirez et al. keine signifikanten Unterschiede in der mittels Akzelerometer gemessener Aktivität feststellen (Ramirez et al., 2018). Leslie et al. kamen bei der Beobachtung von 18- bis 29-jährigen jungen Erwachsenen durch subjektive Erhebungsmethoden zu der Erkenntnis, dass sich die Gesamtaktivität im Geschlechtervergleich nicht signifikant unterschied. Im Gegensatz dazu zeigte jedoch die Verteilung der unterschiedlichen Intensitätsniveaus deutliche Unterschiede auf: So zeigten Männer eine höhere Aktivität im Spektrum der moderaten bis intensiven Aktivität, während Frauen deutlich mehr Zeit in körperlicher Aktivität mit niedriger Intensität, zumeist Gehen, angaben (Leslie et al., 2001).

Diese Erkenntnisse decken sich zum Teil mit den Schlüssen, die wir im Rahmen dieser Studie ziehen konnten. Bei der Betrachtung unserer ProbandInnen zeigten Frauen mit 11.604 Schritten im Vergleich zu den Männern eine mit 1.233 Schritten pro Tag

signifikant höhere körperliche Aktivität als die männlichen Teilnehmer. Aufgrund der Tatsache, dass Frauen einen größeren Anteil ihrer körperlichen Aktivität durch Gehen akkumulieren und wir die gemessenen Schritte pro Tag als Parameter für die Definition unserer Aktivitätsgruppen verwendet haben, könnten die erhobenen Ergebnisse auf die von uns verwendete Methode zu Bestimmung der körperlichen Aktivität zurückzuführen sein.

Grundsätzlich neigen Frauen häufiger als Männer dazu, Screening-Programme zur Prävention von Krebserkrankungen wahrzunehmen (Czaderny, 2020, Davis et al., 2012). Außerdem tendieren Frauen in Deutschland zu vermehrt gesundheitsprotektivem Verhalten (Lampert et al., 2013). Diese Informationen lassen eine erhöhte Motivation zum Schutz der eigenen Gesundheit vermuten, die gegebenenfalls zu einer verstärkten Wahrnehmung bestehender Aktivitäts-Defizite führt, die konsequenterweise durch ein erhöhtes Maß an körperlicher Aktivität ausgeglichen werden soll.

Insgesamt gibt es hinsichtlich der von uns untersuchten Fragestellung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die objektiv gemessene körperliche Aktivität bei jungen Erwachsenen nach einer Krebserkrankung keine direkte Vergleichbarkeit in der wissenschaftlichen Literatur. Die in dieser Studie gewonnen Erkenntnisse sollten durch weiterführende Studien mit größerer Studienpopulation, sowie einer noch tieferen Aufschlüsselung verschiedener Intensitätsniveaus erfolgen, zum Beispiel durch separate Betrachtung der Zeit, die in leichter, moderater und intensiver körperlicher Aktivität verbracht wird.

5.3. Diskussion der tertiären Fragestellung

Die tertiäre Fragestellung lautet: Lassen sich ein potenziell vorliegender untersuchungsbedingter Motivationseffekt, sowie ein Effekt des untersuchten Wochentages auf die mittels Akzelerometer gemessene körperliche Aktivität identifizieren? Zur Beantwortung wurden die getätigten Schritte pro Tag über alle ProbandInnen hinweg gemittelt, um damit die durchschnittliche Aktivität im Tagesvergleich zu bewerten. Im Rahmen dieser Analyse zeigte sich eine signifikante Abnahme der Aktivität um 178 Schritte pro Tag im Verlauf der untersuchten Woche. Der somit von uns identifizierte Effekt wurde bei jungen Erwachsenen nach einer Krebserkrankung in dieser Form noch nicht beschrieben. Bei der Beobachtung junger

Erwachsener ohne Vorgeschichte einer hämatonkologischen Erkrankung zeigten Clemes et al. eine Steigerung der körperlichen Aktivität bei offener Messung der Schritte pro Tag (Clemes and Parker, 2009). In einer weiterführenden Studie zeigten Clemes et al. eine, bei kommunizierter Messung der körperlichen Aktivität in Form von Schritten pro Tag, untersuchungsbedingte Steigerung der körperlichen Aktivität für zirka eine Woche (Clemes and Deans, 2012). Eine kommunizierte Messung bezeichnet hierbei die Messung der körperlichen Aktivität, nachdem den Teilnehmenden in Vorgesprächen die Art und Dauer der Untersuchung mitgeteilt wurden. Andere Studien wiederum konnten keine Hinweise auf eine Steigerung der körperlichen Aktivität durch eine Studienteilnahme von jungen Erwachsenen feststellen (Davis and Loprinzi, 2016, Eisenberg et al., 2017). Insgesamt zeigen sich also widersprüchliche Erkenntnisse bezüglich einer Veränderung des Verhaltens der ProbandInnen durch offene Messung der körperlichen Aktivität. Um das tatsächliche Alltagsaktivitätsverhalten dieser PatientInnengruppe korrekt darzustellen, sollte sich die Aktivität in dem untersuchten Zeitraum möglichst wenig von der tatsächlichen durchschnittlichen Aktivität unterscheiden. Mit dem Ziel, diesen Effekt in der Kohorte der jungen Krebsüberlebenden zu minimieren, könnte im Rahmen von weiterführenden Studien über eine verdeckte – also bewusst nicht kommunizierte – Messung der Aktivität diskutiert werden, wie es Clemes et al vorschlugen (Clemes and Deans, 2012). Alternativ könnte der beobachtete Zeitraum verlängert werden, bis die untersuchungsbedingt gesteigerte Motivation nachlässt. Wie lange dieser Effekt in der Gruppe der jungen Krebsüberlebenden besteht, ist aktuell noch nicht erforscht.

Auch um diese Fragestellung weiterführend zu untersuchen, sollten weitere Studien mit einer größeren Kohorte und in einem längeren Untersuchungszeitraum durchgeführt werden.

Beim Vergleich der über alle ProbandInnen gemittelten gemessenen Aktivität der verschiedenen Wochentage zeigte sich eine signifikant verringerte Anzahl der an Wochenenden getätigten Schritte. An einem Samstag oder Sonntag machten die TeilnehmerInnen im Mittel 10.533 Schritte pro Tag; das sind 1.139 Schritte pro Tag weniger als an einem durchschnittlichen Wochentag (Montag bis Freitag). In der Gruppe der jungen Krebsüberlebenden ist dieser Effekt bisher noch gänzlich unerforscht. Bei der Beobachtung junger Erwachsener ohne den Hintergrund einer

hämatonkologischen Erkrankung zeigt sich jedoch ein ähnliches Bild wie in der hier beschriebenen Kohorte.

So zeigten Comte et al. bei der mittels Akzelerometer durchgeführten Messung der körperlichen Aktivität bei Jugendlichen eine um circa 30 % reduzierte Zeit in moderater bis intensiver körperlicher Aktivität an Wochenendtagen, im Vergleich zu einem durchschnittlichen Wochentag (Comte et al., 2013). Auch Clemente et al. wiesen bei Messung einer Kohorte junger Erwachsener (18 bis 23 Jahre), mittels eines hüftgetragenen AcitGraphen vom Typ wGT3x, bei den männlichen und den weiblichen TeilnehmerInnen ein signifikant niedrigeres Maß an körperlicher Aktivität und getätigten Schritten pro Tag am Wochenende nach (Clemente et al., 2016). Die durchgeführte Aktivität am Wochenende scheint jedoch ein wichtiger Faktor für langfristige Gewichtsreduktion bei jungen Erwachsenen darzustellen (Drenowatz et al., 2016).

Die hier gewonnenen Erkenntnisse legen einerseits der Vermutung nahe, dass in der von uns untersuchten Kohorte ein größerer Anteil der körperlichen Aktivität im Rahmen von beruflich bedingten Tätigkeiten akkumuliert wurde. Andererseits wurde das Wochenende von unseren TeilnehmerInnen möglicherweise häufiger zur Erholung und Entspannung genutzt, als für gezielte körperliche Aktivität. Um diese Effekte noch genauer zu untersuchen, sollte bei der Messung der körperlichen Aktivität bei jungen Erwachsenen die Arbeitszeit erfasst werden, um eine Differenzierung der beruflichen und freizeitlichen Aktivität durchführen zu können. Auch die Unterscheidung von verschiedenen Intensitätsniveaus mittels Messung von leichter, moderater und intensiver Aktivität durch am Körper getragene Akzelerometer scheint in diesem Kontext sinnvoll.

5.4. Fazit

Abschließend bleibt bei der Beantwortung der primären Fragestellung des Vergleichs von objektiven und subjektiven Methoden zur Messung der körperlichen Aktivität die Erkenntnis, dass die hier ermittelten Ergebnisse, mit denen der wissenschaftlichen Literatur übereinstimmen. Wie in der Literatur berichtet, tendierten auch die TeilnehmerInnen des CARE for CAYA Programms dazu, in subjektiven Messungen die Intensität und Dauer der körperlichen Aktivität zu überschätzen (Ainsworth et al., 2014, Drystad et al., 2013, Hagströmer et al., 2006). Jüngste Forschungsarbeiten

kommen jedoch zu dem Schluss, dass unter den subjektiven Methoden zur Bewertung der körperlichen Aktivität das Bewegungstagebuch am effektivsten ist, was durch die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigt wird (Dowd et al., 2018). Allerdings fehlt es derzeit noch an Untersuchungen in der Gruppe der jungen Krebsüberlebenden. Vorläufige Ergebnisse zur Übertragbarkeit auf diese Kohorte zeigen ein ähnliches Bild, nämlich, dass subjektive Methoden im Vergleich zu objektiven Messungen dazu neigen, dass das Niveau der körperlichen Aktivität zu überschätzen (Boyle et al., 2015).

Nur wenige Studien haben sich bislang mit dem Bewegungsverhalten junger Erwachsener befasst (Migueles et al., 2017). Dies gilt umso mehr für Validierungsstudien zur subjektiven Bewertungsmethodik bei jungen Erwachsenen. Im Jahr 2010 zeigten LeBlanc et al., dass ein Großteil der Jugendlichen (65,4 %) die eigene Zeit mit moderater bis intensiver körperlicher Aktivität um mindestens 5 Minuten pro Tag überschätzt (LeBlanc and Janssen, 2010). Die Differenz zwischen der angegebenen und der gemessenen körperlichen Aktivität nahm mit dem Grad der Inaktivität progredient zu (LeBlanc and Janssen, 2010). Die Bewertung und der Vergleich verschiedener Methoden zur Messung des körperlichen Aktivitätsniveaus bei jungen erwachsenen Krebsüberlebenden ist gänzlich unerforscht. Zur Herstellung einer wissenschaftlichen Vergleichbarkeit sind, wie bereits gesagt, neue Forschungsanstrengungen notwendig.

Aufgrund der deutlich geringeren Kosten und des geringeren Zeitaufwands für Erhebung und Auswertung der Daten scheinen subjektive Messmethoden ein sinnvoller Ansatz für eine grundlegende Einschätzung des körperlichen Aktivitätsverhaltens in größeren Kohorten junger Krebsüberlebender zu sein. Die benötigten finanziellen und zeitlichen Mittel für eine objektive Bestimmung des Aktivitätsniveaus limitieren die Anwendbarkeit aktuell auf wissenschaftliche Studien mit begrenzter Teilnehmerzahl. Beim Einsatz valider subjektiver Methoden könnten dagegen größere Bevölkerungsgruppen untersucht und eingeordnet werden.

Die hier vorgestellten Forschungsergebnisse bieten eine solide Grundlage für künftige Untersuchungen und zeigen gleichzeitig, dass es bei der Bewertung der körperlichen Aktivität noch deutliches Optimierungspotenzial gibt. Die Validität von subjektiven Messmethoden der körperlichen Aktivität könnte durch die Optimierung und Standardisierung einerseits der Instruktionen von ProbandInnen, andererseits der

Verarbeitung der Angaben der PatientInnen deutlich gesteigert werden. Darüber hinaus erscheint es notwendig, Applikationen (Apps) oder andere digitale Lösungen zur Dokumentation körperlicher Aktivität sowohl sicherheitstechnisch als auch datenschutzrechtlich zu verbessern, um Risiken für die datenverarbeitende Forschung und die TeilnehmerInnen selbst zu minimieren. Aktuelle Apps übermitteln Gesundheitsdaten häufig an Server oder Cloud-Dienste außerhalb der EU, was zu stark erhöhten Datenschutzerfordernissen führt. In der praktischen Umsetzung im Rahmen von Studien fehlen daher etablierte und allgemein akzeptierte Programme. Es wäre jedoch wünschenswert, körperliche Aktivität direkt und digital zu dokumentieren, denn eine bequeme und niedrighschwellige Handhabung könnte die Validität subjektiver Methoden wie etwa des Bewegungstagebuchs verbessern.

Die Fähigkeit, das Level der körperlichen Aktivität genau zu beurteilen, ist ein Schlüsselfaktor, um junge Menschen nach einer Krebserkrankung langfristig zu mehr körperlicher Aktivität zu motivieren. Scott et al. haben mit ihren Untersuchungen gezeigt, dass eine Steigerung der körperlichen Aktivität direkt mit einem Rückgang der Sterblichkeit bei jungen Krebsüberlebenden verbunden ist (Scott et al., 2018). Daher scheint es essenziell, diese PatientInnen langfristig zu einem gesunden Lebensstil mit ausreichendem Maß körperlicher Aktivität und Sport zu motivieren.

6. Zusammenfassung

Körperliche Aktivität ist ein hocheffektives Mittel zur Prävention von therapiebedingten Langzeitnebenwirkungen hämatonkologischer Erkrankungen bei jungen Erwachsenen. Valide subjektive Methoden zur Einschätzung des Aktivitätsniveaus würden flächendeckende und kostengünstige Beratungen von PatientInnen im Rahmen der medizinischen Regelversorgung ermöglichen. In dieser Studie wurden verschiedene subjektive Methoden zu Aktivitätserfassung bezüglich Ihrer Fähigkeit der Identifikation eines objektiv gemessenen Bewegungsmangels verglichen. Das Bewegungstagebuch lieferte mit einem ROC von 0,725 im Vergleich der subjektiven Methoden die höchste Präzision bei der Identifikation eines Mangels an körperlicher Aktivität.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass keine der hier verglichenen subjektiven Methoden aktuell eine präzise und valide Einschätzung des Bewegungsverhaltens auf individueller Basis ermöglicht. Für eine umfassende und individuell verlässliche Bewertung des Aktivitätsniveaus im Alltag wird die Kombination von subjektiven und objektiven Methoden empfohlen. Dies gilt insbesondere für die Kombinationen von Beschleunigungsmesser und subjektivem Fragebogen, die tendenziell die aussagekräftigsten Ergebnisse liefern (Dowd et al., 2018). Wir empfehlen die Verbindung aus einem Bewegungstagebuch mit einem tragbaren Beschleunigungssensor, der verschiedene Intensitätsniveaus valide differenzieren kann. Für die Verwendung eines Akzelerometers spricht der größte Erfahrungsschatz und die damit hohe Vergleichbarkeit der Analysen.

Langfristig dürfte die Zukunft der Bestimmung von Aktivitätsniveaus in der wachsenden Kohorte junger Krebsüberlebender in der Verwendung von Smartphone-gebundenen digitalen Lösungen liegen. Ohne relevanten Mehraufwand für die PatientInnen könnten sie ausführlichere und präzisere Einblicke in das alltägliche Aktivitätsverhalten junger Erwachsener erlauben, als es derzeit möglich ist.

Durch eine korrekte Einschätzung des Aktivitätsverhaltens und adäquate Beratung von jungen Erwachsenen nach einer hämatonkologischen Erkrankung könnten die Therapiestrategien individualisiert und damit die negativen Langzeitfolgen hämatonkologischer Therapieregime weiter reduziert werden.

7. Summary

Engaging in physical activity can significantly prevent long-term side effects related to haemato-oncologic treatments in young adults. Adequate methods to evaluate activity levels would allow for cost-effective and widespread counselling in standard medical care.

This study aimed to compare various subjective methods for assessing physical activity levels in young adults with a history of haemato-oncologic diseases, in relation to their ability to identify a lack of physical activity as measured objectively. The results showed that the physical activity diary provided the highest precision in identifying a lack of physical activity. However, in agreement with other studies none of the subjective methods were found to be precise enough for an individual assessment of physical activity (Dowd et al., 2018). Therefore, it is recommended to combine subjective and objective methods, such as an exercise diary and a wearable accelerometer, for a comprehensive and reliable assessment of activity levels.

We suggest using an exercise diary in conjunction with a wearable accelerometer to accurately distinguish various intensity levels. According to current research, using an accelerometer is deemed the most reliable and scientifically comparable method in terms of objective validity.

The future of determining activity levels in young cancer survivors is likely to involve the use of smartphone-linked digital solutions. By minimizing additional burden on patients, these solutions could provide more comprehensive and precise understanding of daily activity patterns of young adults than current methods allow.

An accurate assessment of activity behaviour and adequate counselling could help individualize therapy strategies and further reduce negative long-term side effects of haemato-oncological therapy regimens.

8. Abkürzungsverzeichnis

ALL	Akute Lymphatische Leukämie
AUC	Area under the curve
AYA	Adolescents and Young Adults
BMI	Body-Mass-Index
BRCA1	BReast CAncer 1, early-onset
BRCA2	BReast CAncer 2, early-onset
BSA	Bewegungs- und Sportaktivität
CAR	Chimärer-Antigen-Rezeptor
CfC	CARE-for-CAYA
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EU	Europäische Union
HPV	Humanes Papillomavirus
ID	Identifikationsnummer
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
Km/h	Kilometer pro Stunde
maxWatt	maximal erbrachte Leistung
MSS	Multi-Sensor-Systeme
MVPA	Moderate to Vigorous Physical Activity
PA	Physical Activity
ROC	Receiver-operating-characteristics
SD	Standardabweichung
UCCH	Universitäres Cancer Centrum Hamburg
UKE	Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf
USA	United States of America
VO2max	maximale Sauerstoffkapazität

WHO World Health Organisation

WHR Waist-to-hip-Ratio

9. Quellenverzeichnis

- ADAMS, M. A., JOHNSON, W. D. & TUDOR-LOCKE, C. 2013. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 10, 49.
- ADAMS, S. A., MATTHEWS, C. E., EBBELING, C. B., MOORE, C. G., CUNNINGHAM, J. E., FULTON, J. & HEBERT, J. R. 2005. The Effect of Social Desirability and Social Approval on Self-Reports of Physical Activity. *American Journal of Epidemiology*, 161, 389-398.
- ADAMS, S. C., PETRELLA, A., SABISTON, C. M., VANI, M. F., GUPTA, A., TRINH, L., MATTHEW, A. G., HAMILTON, R. J. & MINA, D. S. 2021. Preferences for exercise and physical activity support in adolescent and young adult cancer survivors: a cross-sectional survey. *Supportive Care in Cancer*, 29, 4113-4127.
- AIGNER, K. R., STEPHENS, F. O., ALLEN-MERSH, T. & AL, E. 2016a. Das Krebsproblem. *Onkologie Basiswissen*. Springer.
- AIGNER, K. R., STEPHENS, F. O., ALLEN-MERSH, T. & AL, E. 2016b. Krebstherapie. *Onkologie Basiswissen*.
- AINSWORTH, B. E., CAHALIN, L., BUMAN, M. & AL., E. 2014. The Current State of Physical Activity Assessment Tools. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57, 387-395.
- AINSWORTH, B. E., CASPERSEN, C. J., MATTHEWS, C. E. & AL, E. 2012. Recommendations to Improve the Accuracy of Estimates of Physical Activity Derived from Self Report. *Journal of Physical Activity and Health*, 9, 76 - 84.
- AINSWORTH, B. E., HASKELL, W. L., HERRMANN, S. D. & AL, E. 2011. 2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*.
- ALBAUM, E., QUINN, E., SEDAGHATKISH, S., SINGH, P., WATKINS, A., MUSSELMAN, K. & WILLIAMS, J. 2019. Accuracy of the Actigraph wGT3x-BT for step counting during inpatient spinal cord rehabilitation. *Spinal Cord*, 57, 571-578.
- ANCELLIN, R. 2019. [Benefits of physical activity for cancer patients]. *Rev Prat*, 69, 438-443.
- ANDRIANAKOS, A. A., KONTELIS, L. K., KARAMITSOS, D. G., ASLANIDIS, S. I., GEORGOUNTZOS, A. I., KAZIOLAS, G. O., PANTELIDOU, K. V., VAFIADOU, E. V. & DANTIS, P. C. 2006. Prevalence of symptomatic knee, hand, and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. *J Rheumatol*, 33, 2507-13.
- ARNDT, V., MERX, H., STÜRMER, T., STEGMAIER, C., ZIEGLER, H. & BRENNER, H. 2004. Age-specific detriments to quality of life among breast cancer patients one year after diagnosis. *Eur J Cancer*, 40, 673-80.
- ASNA, N., LIVOFF, A., BATASH, R., DEBBI, R., SCHAFFER, P., RIVKIND, T. & SCHAFFER, M. 2018. Radiation therapy and immunotherapy-a potential combination in cancer treatment. *Curr Oncol*, 25, e454-e460.
- BARNES, M., CASAZZA, K. & AUSTIN, H. 2015. Strategies to promote regular exercise in adolescent and young adult cancer survivors. *Clinical Oncology in Adolescents and Young Adults*, 5, 103-113.

- BASSETT, D. R., JR., TOTH, L. P., LAMUNION, S. R. & CROUTER, S. E. 2017. Step Counting: A Review of Measurement Considerations and Health-Related Applications. *Sports Med*, 47, 1303-1315.
- BEVÖLKERUNGSFORSCHUNG, B. F. 2018. Bevölkerung in Deutschland. *Geographische Rundschau*, 11.
- BONINI, C. & MONDINO, A. 2015. Adoptive T-cell therapy for cancer: The era of engineered T cells. *Eur J Immunol*, 45, 2457-69.
- BORG, G. A. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14, 377-81.
- BORODULIN, K., EVENSON, K. R. & HERRING, A. H. 2009. Physical activity patterns during pregnancy through postpartum. *BMC Womens Health*, 9, 32.
- BOYLE, T., LYNCH, B. M., COURNEYA, K. S. & VALLANCE, J. K. 2015. Agreement between accelerometer-assessed and self-reported physical activity and sedentary time in colon cancer survivors. *Support Care Cancer*, 23, 1121-6.
- BRAUN, G. S., KIRSCHNER, M., RÜBBEN, A., WAHL, R. U., AMANN, K., BENESOVA, K. & LEIPE, J. 2020. Side effects of novel cancer immunotherapies. *Der nephrologe*, 1-13.
- BREUER, H. W. 1997. Spiroergometrie: Indikationen, Methodik, Relevanz. *Dtsch Med Wochenschr*, 122, 447-449.
- BROWN, T. J., SEDHOM, R. & GUPTA, A. 2019. Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy. *JAMA Oncology*, 5, 750-750.
- CARTER, J. V., PAN, J., RAI, S. N. & GALANDIUK, S. 2016. ROC-ing along: Evaluation and interpretation of receiver operating characteristic curves. *Surgery*, 159, 1638-1645.
- CHAKRAVARTHY, A. & RESNICK, B. 2017. Reliability and Validity Testing of the MotionWatch 8 in Older Adults. *J Nurs Meas*, 25, 549-558.
- CHAO, C., XU, L., BHATIA, S., COOPER, R., BRAR, S., WONG, F. L. & ARMENIAN, S. H. 2016. Cardiovascular Disease Risk Profiles in Survivors of Adolescent and Young Adult (AYA) Cancer: The Kaiser Permanente AYA Cancer Survivors Study. *Journal of Clinical Oncology*, 34, 1626-1633.
- CHEN, K. Y., JANZ, K. F., ZHU, W. & BRYCHTA, R. J. 2012. Redefining the roles of sensors in objective physical activity monitoring. *Med Sci Sports Exerc*, 44, S13-23.
- CHEN, L. & MALHOTRA, A. 2015. Combination Approach: the Future of the War Against Cancer. *Cell Biochem Biophys*, 72, 637-41.
- CHENG, L., ALBERS, P., BERNEY, D. M., FELDMAN, D. R., DAUGAARD, G., GILLIGAN, T. & LOOIJENGA, L. H. J. 2018. Testicular cancer. *Nature Reviews Disease Primers*, 4, 29.
- CLEMENTE, F. M., NIKOLAIDIS, P. T., MARTINS, F. M. & MENDES, R. S. 2016. Physical Activity Patterns in University Students: Do They Follow the Public Health Guidelines? *PLoS One*, 11, e0152516.
- CLEMES, S. A. & DEANS, N. K. 2012. Presence and duration of reactivity to pedometers in adults. *Med Sci Sports Exerc*, 44, 1097-101.

- CLEMES, S. A. & PARKER, R. A. 2009. Increasing our understanding of reactivity to pedometers in adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41, 674-80.
- COHEN, J. 1977a. CHAPTER 1 - The Concepts of Power Analysis. In: COHEN, J. (ed.) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press.
- COHEN, J. 1977b. CHAPTER 2 - The t Test for Means. In: COHEN, J. (ed.) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press.
- COMTE, M., HOBIN, E., MAJUMDAR, S. R., PLOTNIKOFF, R. C., BALL, G. D. & MCGAVOCK, J. 2013. Patterns of weekday and weekend physical activity in youth in 2 Canadian provinces. *Appl Physiol Nutr Metab*, 38, 115-9.
- COOPER INSTITUTE (DALLAS, T. 2007. *Physical fitness assessments and norms for adults and law enforcement.*, Dallas, Tex, The Cooper Institute.
- CRAIG, C. L., MARSHALL, A. L., SJÖSTRÖM, M., BAUMAN, A. E., BOOTH, M. L., AINSWORTH, B. E., PRATT, M., EKELUND, U., YNGVE, A., SALLIS, J. F. & OJA, P. 2003. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 1381-95.
- CRANE, T. E., SKIBA, M. B., MILLER, A., GARCIA, D. O. & THOMSON, C. A. 2020. Development and Evaluation of an Accelerometer-Based Protocol for Measuring Physical Activity Levels in Cancer Survivors: Development and Usability Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 8, e18491.
- CURTIS, R., FREEDMAN, D., RON, E. & FRAUMENI, J. J. 2006. *New Malignancies Among Cancer Survivors: SEER Cancer Registries, 1973-2000.*, National Cancer Institute
- CZADERNY, K. 2020. Gender gap in cancer prevention and mortality. A multidimensional analysis. *Aging Male*, 23, 812-821.
- DAVIS, J. L., BUCHANAN, K. L., KATZ, R. V. & GREEN, B. L. 2012. Gender differences in cancer screening beliefs, behaviors, and willingness to participate: implications for health promotion. *Am J Mens Health*, 6, 211-7.
- DAVIS, R. E. & LOPRINZI, P. D. 2016. Examination of Accelerometer Reactivity Among a Population Sample of Children, Adolescents, and Adults. *J Phys Act Health*, 13, 1325-1332.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GYNÄKOLOGIE UND GEBURTSHILFE (DGOG), D. K. D. 2020 Interdisziplinäre S3-Leitlinie für die Früherkennung, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Mammakarzinoms. *AWMF-Registernr.: 032-045OL. 08.2019* [Online]. [Accessed 01.09.2020
- DING, D., MUTRIE, N., BAUMAN, A., PRATT, M., HALLAL, P. R. C. & POWELL, K. E. 2020. Physical activity guidelines 2020: comprehensive and inclusive recommendations to activate populations. *Lancet*, 396, 1780-1782.
- DOWD, K. P., SZEKLIKI, R., MINETTO, M. A. & AL., E. 2018. A systematic literature review of reviews on techniques for physical activity measurement in adults: a DEDIPAC study *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*.

- DRENOWATZ, C., GRIBBEN, N., WIRTH, M. D., HAND, G. A., SHOOK, R. P., BURGESS, S. & BLAIR, S. N. 2016. The Association of Physical Activity during Weekdays and Weekend with Body Composition in Young Adults. *J Obes*, 2016, 8236439.
- DRYSTAD, S. M., HANSEN, B. H., HOLME, I. M. & ANDERSSEN, S. A. 2013. Comparison of Self-reported versus Accelerometer-Measured Physical Activity. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, 99–106, 99–106.
- EISENBERG, M. H., PHILLIPS, L. A., FOWLER, L. & MOORE, P. J. 2017. The Impact of E-diaries and Accelerometers on Young Adults' Perceived and Objectively Assessed Physical Activity. *Psychol Sport Exerc*, 30, 55-63.
- ENGEL, J. 2015. Gesamtüberleben und krebsspezifisches Überleben. Tumorregister München, Auswertung 2015.
- ESCALANTE, J., MCQUADE, R. M., STOJANOVSKA, V. & NURGALI, K. 2017. Impact of chemotherapy on gastrointestinal functions and the enteric nervous system. *Maturitas*, 105, 23-29.
- FLORESCU, M., CINTEZA, M. & VINERANU, D. 2013. Chemotherapy-induced Cardiotoxicity. *Maedica (Buchar)*, 8, 59-67.
- FREEDSON, P. S., MELANSON, E. & SIRARD, J. 1998. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, 30, 777-781.
- FUCHS, R., KLAPERSKI, S., GERBER, M. & SEELIG, H. 2015. Messung der Bewegungs- und Sportaktivität mit dem BSA-Fragebogen: Eine methodische Zwischenbilanz. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 23, 60-76.
- GEBAUER, J., HIGHAM, C., LANGER, T., DENZER, C. & BRABANT, G. 2019. Long-Term Endocrine and Metabolic Consequences of Cancer Treatment: A Systematic Review. *Endocr Rev*, 40, 711-767.
- GEUE, K., MEHNERT, A. & LEUTERITZ, K. 2016. Psychosoziale Lebenssituation und psychoonkologische Versorgung junger Erwachsener mit Krebs (AYA). *Forum*, 31, 311-314.
- GRASDALSMOEN, M., ERIKSEN, H. R., LØNNING, K. J. & SIVERTSEN, B. 2019. Physical exercise and body-mass index in young adults: a national survey of Norwegian university students. *BMC Public Health*, 19, 1354.
- GUY, G. P., JR., YABROFF, K. R., EKWUEME, D. U., SMITH, A. W., DOWLING, E. C., RECHIS, R., NUTT, S. & RICHARDSON, L. C. 2014. Estimating the health and economic burden of cancer among those diagnosed as adolescents and young adults. *Health Aff (Millwood)*, 33, 1024-31.
- HAGSTROMER, M., AINSWORTH, B. E., OJA, P. & SJOSTROM, M. 2010. Comparison of a Subjective and an Objective Measure of Physical Activity in a Population Sample. *Journal of Physical Activity and Health*, 7, 541-550.
- HAGSTRÖMER, M., OJA, P. & SJÖSTRÖM, M. 2006. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutrition*, 9, 755-762.

- HERSHMAN, D. L., LACCHETTI, C., DWORKIN, R. H., LAVOIE SMITH, E. M., BLEEKER, J., CAVALETTI, G., CHAUHAN, C., GAVIN, P., LAVINO, A., LUSTBERG, M. B., PAICE, J., SCHNEIDER, B., SMITH, M. L., SMITH, T., TERSTRIEP, S., WAGNER-JOHNSTON, N., BAK, K. & LOPRINZI, C. L. 2014. Prevention and management of chemotherapy-induced peripheral neuropathy in survivors of adult cancers: American Society of Clinical Oncology clinical practice guideline. *J Clin Oncol*, 32, 1941-67.
- HEUßNER, P., TELZEROW, E. & HIDDEMANN, W. 2016. Junge Erwachsene mit Krebserkrankungen: Voll im Leben und schon ausgebremst. *Deutsches Arzteblatt International*, 24.
- HILGENDORF, I., BRORCHMANN, P., ENGEL, J., HEUßNER, P., KATALINIC, A., NEUBAUER, A. & WÖRMANN, B. 2016. *Heranwachsende und junge Erwachsene (AYA, Adolescents and Young Adults)* [Online]. Onkopedia. Available: <https://www.onkopedia.com/de/onkopedia/guidelines/heranwachsende-und-junge-erwachsene-aya-adolescents-and-young-adults/@@guideline/html/index.html> [Accessed 23.09.2020 2020].
- HOLLMANN, W. 2012. *Spiroergometrie*, Stuttgart, Schattauer Verlag (Thieme).
- HOMMEL, T. 2019. Sorge um Geld und Zukunft belastet junge Krebspatienten. *Im Fokus Onkologie*, 22, 78-78.
- INDINI, A., BRECHT, I., DEL VECCHIO, M., SULTAN, I., SIGNORONI, S. & FERRARI, A. 2018. Cutaneous melanoma in adolescents and young adults. *Pediatr Blood Cancer*, 65, e27292.
- JAUCH, K.-W., STRAUSS, T. & MUTSCHLER, W. 2013. Komplikationen – Erkennung und Management. In: JAUCH, K.-W., MUTSCHLER, W., HOFFMANN, J. N. & KANZ, K.-G. (eds.) *Chirurgie Basisweiterbildung: In 100 Schritten durch den Common Trunk*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- JOHNSON, R. H., ANDERS, C. K., LITTON, J. K., RUDDY, K. J. & BLEYER, A. 2018. Breast cancer in adolescents and young adults. *Pediatr Blood Cancer*, 65, e27397.
- JONES, N. L., SUMMERS, E. & KILLIAN, K. J. 1989. Influence of age and stature on exercise capacity during incremental cycle ergometry in men and women. *Am Rev Respir Dis*, 140, 1373-80.
- KARABULUT, M., CROUTER, S. E. & BASSETT, D. R. 2006. Comparison of two waist-mounted and two ankle-mounted electronic pedometers. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 334-335.
- KOZEY-KEADLE, S., LIBERTINE, A., LYDEN, K., STAUDENMAYER, J. & FREEDSON, P. S. 2011. Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1561-7.
- KRAUS, W. E., POWELL, K. E., HASKELL, W. L., JANZ, K. F., CAMPBELL, W. W., JAKICIC, J. M., TROIANO, R. P., SPROW, K., TORRES, A. & PIERCY, K. L. 2019. Physical Activity, All-Cause and Cardiovascular Mortality, and Cardiovascular Disease. *Med Sci Sports Exerc*, 51, 1270-1281.
- KREBSREGISTERDATEN, Z. F. 2017. Krebs in Deutschland für 2010-2016

- KROMEYER-HAUSCHILD, K., WABITSCH, M., KUNZE, D., GELLER, F., GEIß, H., HESSE, V., HIPPEL, A., JAEGER, U., JOHNSEN, D., KORTE, W., MENNER, K., MÜLLER, G., MÜLLER, J., NIEMANN-PILATUS, A., REMER, T., SCHAEFER, F., WITTCHEN, H. U., ZABRANSKY, S., ZELLNER, K. & HEBEBRAND, J. 2001. Perzentile für den Body Mass Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 149, 807-818.
- LAMPERT, T., VON DER LIPPE, E. & MÜTERS, S. 2013. [Prevalence of smoking in the adult population of Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 56, 802-8.
- LAREDO-AGUILERA, J. A., COBO-CUENCA, A. I., SANTACRUZ-SALAS, E., MARTINS, M. M., RODRÍGUEZ-BORREGO, M. A., LÓPEZ-SOTO, P. J. & CARMONA-TORRES, J. M. 2019. Levels of Physical Activity, Obesity and Related Factors in Young Adults Aged 18-30 during 2009-2017. *Int J Environ Res Public Health*, 16.
- LAWRENZ, B. & VON WOLFF, M. 2010. FertiPROTEKT Netzwerk für fertilitätsprotektive Maßnahmen bei Chemo- und Strahlentherapie. *Journal für Reproduktionsmedizin und Endokriologie*, 3, 147 -150.
- LEBLANC, A. G. W. & JANNSEN, I. 2010. Difference Between Self-Reported and Accelerometer Measured Moderate-to-Vigorous Physical Activity in Youth. *Pediatric Exercise Science* 2010, 22, 523-534.
- LEE, P. H., MACFARLANE, D. J. & STEWARD, S. M. 2011. Validity of the international physical activity questionnaire short form (IPAQ-SF): A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8.
- LEMANNE, D., CASSILETH, B. & GUBILI, J. 2013. The role of physical activity in cancer prevention, treatment, recovery, and survivorship. *Oncology (Williston Park)*, 27, 580-5.
- LESLIE, E., FOTHERINGHAM, M. J., OWEN, N. & BAUMAN, A. 2001. Age-related differences in physical activity levels of young adults. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 255-8.
- LORCH, A., ALBERS, P. & BEYER, J. E. A. 2016. Onkopedia-Leitlinie "Keimzelltumoren des Mannes".
- LUGO, D., PULIDO, A. L., MIHOS, C. G., ISSA, O., CUSNIR, M., HORVATH, S. A., LIN, J. & SANTANA, O. 2019. The effects of physical activity on cancer prevention, treatment and prognosis: A review of the literature. *Complement Ther Med*, 44, 9-13.
- MCCARNEY, R., WARNER, J., ILIFFE, S., VAN HASELEN, R., GRIFFIN, M. & FISHER, P. 2007. The Hawthorne Effect: a randomised, controlled trial. *BMC Med Res Methodol*, 7, 30.
- MEITES, E., SZILAGYI, P., CHESSON, H., UNGER, E., ROMERO, J. & MARKOWITZ, L. 2019. Human Papillomavirus Vaccination for Adults: Updated Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 68, 698-702

- MERCKAERT, I., LIBERT, Y., MESSIN, S., MILANI, M., SLACHMUYLDER, J. L. & RAZAVI, D. 2010. Cancer patients' desire for psychological support: prevalence and implications for screening patients' psychological needs. *Psychooncology*, 19, 141-9.
- METZGER, M. L., MEACHAM, L. R., PATTERSON, B., CASILLAS, J. S., CONSTINE, L. S., HIJIYA, N., KENNEY, L. B., LEONARD, M., LOCKART, B. A., LIKES, W. & GREEN, D. M. 2013. Female reproductive health after childhood, adolescent, and young adult cancers: guidelines for the assessment and management of female reproductive complications. *J Clin Oncol*, 31, 1239-47.
- MEYER, F. J. & PREßLER, A. 2015. Belastungsuntersuchungen/Spiroergometrie. In: LEHNERT, H., SCHELLONG, S. M., MÖSSNER, J., SIEBER, C. C., SWOBODA, W., NEUBAUER, A., KEMKES-MATTHES, B., MANNS, M. P., RUPP, J., HASENFUß, G., FLOEGE, J., HALLEK, M., WELTE, T., LERCH, M., MÄRKER-HERMANN, E. & WEILEMANN, L. S. (eds.) *DGIM Innere Medizin: herausgegeben von Hendrik Lehnert*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- MICHIE, S., ABRAHAM, C., WHITTINGTON, C., MCATEER, J. & GUPTA, S. 2009. Effective techniques in healthy eating and physical activity interventions: a meta-regression. *Health Psychol*, 28, 690-701.
- MIGUELES, J. H., CADENAS-SANCHEZ, C., EKELUND, U. & AL., E. 2017. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 47, 1821-1845.
- MOHRMANN, C. 2019. The Experience of Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy Among Childhood Cancer Survivors. *J Pediatr Oncol Nurs*, 36, 413-423.
- MORGAN, S., DAVIES, S., PALMER, S. & PLASTER, M. 2010. Sex, drugs, and rock 'n' roll: caring for adolescents and young adults with cancer. *J Clin Oncol*, 28, 4825-30.
- MUESKE, N. M., MITTELMAN, S. D., WREN, T. A. L., GILSANZ, V. & ORGEL, E. 2019. Myosteatoses in adolescents and young adults treated for acute lymphoblastic leukemia. *Leuk Lymphoma*, 60, 3146-3153.
- NEUHAUSER, H., SCHIENKIEWITZ, A., ROSARIO, A. S., DORTSCHY, R. & KURTH, B.-M. 2013. Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Robert Koch-Institut.
- OEFFINGER, K. C., MERTENS, A. C., SKLAR, C. A., KAWASHIMA, T., HUDSON, M. M., MEADOWS, A. T., FRIEDMAN, D. L., MARINA, N., HOBBIE, W., KADAN-LOTTICK, N. S., SCHWARTZ, C. L., LEISENRING, W. & ROBISON, L. L. 2006. Chronic Health Conditions in Adult Survivors of Childhood Cancer. *New England Journal of Medicine*, 355, 1572-1582.
- ORGANISATION, W. H. 2000. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*, 894, i-xii, 1-253.
- ORGANIZATION, W. H. 2008. *Pacific Physical Activity Guidelines for Adults: Framework for Accelerating the Communication of Physical Activity Guidelines*.
- PARK, J. H., LEE, J. S., KO, Y. H. & KIM, Y. H. 2021. Physical activity of Korean cancer survivors is associated with age and sex. *Korean J Intern Med*, 36, S225-s234.

- PATERSON, D. H., JONES, G. R. & RICE, C. L. 2007. Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Can J Public Health*, 98 Suppl 2, S69-108.
- PRINCE, S. A., ADAMO, K. B., HAMEL, M. E., HARDT, J., GORBER, S. C. & TREMBLAY, M. 2008. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5, 56.
- PRITZKULEIT, R. & KATALINIC, A. 2016. Epidemiologie von Krebs im jungen Erwachsenenalter. *Forum*, 31, 298-304.
- RAMIREZ, V., SHOKRI-KOJORI, E., CABRERA, E. A., WIERS, C. E., MERIKANGAS, K., TOMASI, D., WANG, G. J. & VOLKOW, N. D. 2018. Physical activity measured with wrist and ankle accelerometers: Age, gender, and BMI effects. *PLoS One*, 13, e0195996.
- RHUDY, M. B., DREISBACH, S. B., MORAN, M. D., RUGGIERO, M. J. & VEERABHADRAPPA, P. 2020. Cut points of the Actigraph GT9X for moderate and vigorous intensity physical activity at four different wear locations. *J Sports Sci*, 38, 503-510.
- RIEL, H., RATHLEFF, C. R., KALSTRUP, P. M., MADSEN, N. K., PEDERSEN, E. S., PAPE-HAUGAARD, L. B. & VILLUMSEN, M. 2016. Comparison between Mother, ActiGraph wGT3X-BT, and a hand tally for measuring steps at various walking speeds under controlled conditions. *PeerJ*, 4, e2799-e2799.
- ROBERT KOCH-INSITUT, I. 2016. Epidemiologie von Krebserkrankungen. *Krebsgeschehen in Deutschland 2016*. Robert Koch-Insitut.
- ROSARIO, A. S., KURTH, B. M., STOLZENBERG, H., ELLERT, U. & NEUHAUSER, H. 2010. Body mass index percentiles for children and adolescents in Germany based on a nationally representative sample (KiGGS 2003-2006). *Eur J Clin Nutr*, 64, 341-9.
- ROWLANDS, A. V., MIRKES, E. M., YATES, T., CLEMES, S., DAVIES, M., KHUNTI, K. & EDWARDSON, C. L. 2018. Accelerometer-assessed Physical Activity in Epidemiology: Are Monitors Equivalent? *Med Sci Sports Exerc*, 50, 257-265.
- SALCHOW, J., MANN, J., KOCH, B., VON GRUNDHERR, J., JENSEN, W., ELMERS, S., STRAUB, L. A., VETTORAZZI, E., ESCHERICH, G., RUTKOWSKI, S., DWINGER, S., BERGELT, C., SOKALSKA-DUHME, M., BIELACK, S., CALAMINUS, G., BAUST, K., CLASSEN, C. F., RÖSSIG, C., FABER, J., FALLER, H., HILGENDORF, I., GEBAUER, J., LANGER, T., METZLER, M., SCHUSTER, S., NIEMEYER, C., PUZIK, A., REINHARDT, D., DIRKSEN, U., SANDER, A., KÖHLER, M., HABERMANN, J. K., BOKEMEYER, C. & STEIN, A. 2020. Comprehensive assessments and related interventions to enhance the long-term outcomes of child, adolescent and young adult cancer survivors – presentation of the CARE for CAYA-Program study protocol and associated literature review. *BMC Cancer*, 20, 16.
- SALLIS, J. F. & SAELENS, B. E. 2000. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Research quarterly for exercise and sport*, 71, 1-14.
- SANKAWA, Y. 2014. Das Immunsystem - wie entsteht antitumorale Immunität? *Oncology Research and Treatment*, 37(suppl 4), 2-5.
- SANTOS-LOZANO, A., SANTÍN-MEDEIROS, F., CARDON, G., TORRES-LUQUE, G., BAILÓN, R., BERGMEIR, C., RUIZ, J. R., LUCIA, A. & GARATACHEA, N. 2013. Actigraph GT3X:

- validation and determination of physical activity intensity cut points. *Int J Sports Med*, 34, 975-82.
- SASAKI, J. E., DINESH, J. & FREEDSON, P. S. 2011a. Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport* 14, 411–416.
- SASAKI, J. E., JOHN, D. & FREEDSON, P. S. 2011b. Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14, 411-416.
- SASAKI, S., UKAWA, S., OKADA, E., WENJING, Z., KISHI, T., SAKAMOTO, A. & TAMAKOSHI, A. 2018. Comparison of a new wrist-worn accelerometer with a commonly used triaxial accelerometer under free-living conditions. *BMC Res Notes*, 11, 746.
- SCHLANDER, M., HERNANDEZ-VILLAFUERTE, K. & THIELSCHER, C. 2018. Kosten der Onkologie in Deutschland. *Forum*, 33, 330-337.
- SCHMITZ, K. H., COURNEYA, K. S., MATTHEWS, C., DEMARK-WAHNEFRIED, W., GALVÃO, D. A., PINTO, B. M., IRWIN, M. L., WOLIN, K. Y., SEGAL, R. J., LUCIA, A., SCHNEIDER, C. M., VON GRUENIGEN, V. E. & SCHWARTZ, A. L. 2010. American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 1409-26.
- SCOTT, J. M., LI, N., LIU, Q., YASUI, Y., LEISENRING, W., NATHAN, P. C., GIBSON, T., ARMENIAN, S. H., NILSEN, T. S., OEFFINGER, K. C., NESS, K. K., ADAMS, S. C., ROBISON, L. L., ARMSTRONG, G. T. & JONES, L. W. 2018. Association of Exercise With Mortality in Adult Survivors of Childhood Cancer. *JAMA Oncol*, 4, 1352-1358.
- SHEPHARD, R. J. 2003. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med*, 37, 197-206; discussion 206.
- SIEVÄNEN, H. & KUJALA, U. M. 2017. Accelerometry—Simple, but challenging. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27, 574-578.
- SILVA, M. P., FONTANA, F. E., CALLAHAN, E., MAZZARDO, O. & DE CAMPOS, W. 2015. Step-Count Guidelines for Children and Adolescents: A Systematic Review. *J Phys Act Health*, 12, 1184-91.
- SKENDER, S., OSE, J. & CHANG-CLAUDE, J. 2016. Accelerometry and physical activity questionnaires - a systematic review. *BMC Public Health*.
- STAUDENMAYER, J., HE, S., HICKEY, A. & AL., E. 2015. Methods to estimate aspects of physical activity and sedentary behavior from high-frequency wrist accelerometer measurements. *Journal of Applied Physiology*, 1994, 396-403.
- STAVA, C. J., JIMENEZ, C. & VASSILOPOULOU-SELLIN, R. 2007. Endocrine sequelae of cancer and cancer treatments. *J Cancer Surviv*, 1, 261-74.
- STEPPUHN, H., KUHNERT, R. & SCHEIDT-NAVE, C. 2017. 12-month prevalence of known chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in Germany. Robert Koch-Institut, Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung.
- STEWARD, A. L., MILLS, K. M., KING, A. C., HASKELL, W. L., GILLIS, D. & RITTER, P. L. 2001. CHAMPS Physical Activity Questionnaire for Older Adults: outcomes for interventions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 1126-1141.

- STRACZKIEWICZ, M., GLYNN, N. W. & HAREZLAK, J. 2019. On Placement, Location and Orientation of Wrist-Worn Tri-Axial Accelerometers during Free-Living Measurements. *Sensors (Basel)*, 19.
- STRATH, S. J., KAMINSKY, L. A., AINSWORTH, B. E., EKELUND, U., FREEDSON, P. S., GARY, R. A., RICHARDSON, C. R., SMITH, D. T. & SWARTZ, A. M. 2013. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128, 2259-79.
- SUN, H., YANG, Y., ZHANG, J., LIU, T. & AL, E. 2019. Fear of cancer recurrence, anxiety and depressive symptoms in adolescent and young adult cancer patients. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 15.
- TAI, E., BUCHANAN, N., TOWNSEND, J., FAIRLEY, T., MOORE, A. & RICHARDSON, L. C. 2012. Health status of adolescent and young adult cancer survivors. *Cancer*, 118, 4884-91.
- THORAT, M. A. & BALASUBRAMANIAN, R. 2020. Breast cancer prevention in high-risk women. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*, 65, 18-31.
- TROIANO, R. P., BERRIGAN, D., DODD, K. W. & AL, E. 2007. Physical activity in the United States measured by accelerometer. . *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*.
- TROIANO, R. P., MCCLAIN, J. J., BRYCHTA, R. J. & CHEN, K. Y. 2014. Evolution of accelerometer methods for physical activity research. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 1019-1023.
- TUDOR-LOCKE, C., BARREIRA, T. V. & SCHUNA, J. M., JR. 2015. Comparison of step outputs for waist and wrist accelerometer attachment sites. *Med Sci Sports Exerc*, 47, 839-42.
- TUDOR-LOCKE, C. & BASSETT, D. R., JR. 2004. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med*, 34, 1-8.
- TUDOR-LOCKE, C. & ROWE, D. A. 2012. Using Cadence to Study Free-Living Ambulatory Behaviour. *Sports Medicine*, 42, 381-398.
- TUKA, V., DAŇKOVÁ, M., RIEGEL, K. & MATOULEK, M. 2017. [Physical activity - the Holy Grail of modern medicine?]. *Vnitr Lek*, 63, 729-736.
- VANHELST, J., VIDAL, F., DRUMEZ, E. & AL., E. 2019. Comparison and validation of accelerometer wear time and non-wear time algorithms for assessing physical activity levels in children and adolescents. *BMC Medical Research Methodology*.
- W. FORTH, D. H., W. RUMMEL 2013. Kapitel 34 - Antibiotika und Chemotherapeutika - antiinfektiöse Therapie. In: AKTORIES, K., FÖRSTERMANN, U., HOFMANN, F. & STARKE, K. (eds.) *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie (Elfte Ausgabe)*. Munich: Urban & Fischer.
- WALTER, P. 2007. The history of the accelerometer 1920s-1996 - Prologue and Epilogue, 2006. *Sound & vibration*, 41, 84-92.
- WANNENMACHER, M., DEBUS, J., WENZ, F. & BAHNSEN, J. 2006. Allgemeine Grundlagen. In: WANNENMACHER, M., DEBUS, J. & WENZ, F. (eds.) *Strahlentherapie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- WARBURTON, D. E. R. & BREDIN, S. S. D. 2017. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol*, 32, 541-556.

- WESTERTERP, K. R. 2009. Assessment of physical activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol*, 105, 823-8.
- WINSLEY, R. & MATOS, N. 2011. Overtraining and elite young athletes. *Med Sport Sci*, 56, 97-105.
- WONISCH, M. 2015. Spiroergometrie. In: NIEBAUER, J. (ed.) *Sportkardiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- WONISCH, M., HOFMANN, P., POKAN, R., KRAXNER, W., HÖDL, R., MAIER, R., WATZINGER, N., SMEKAL, G., KLEIN, W. & FRUHWALD, F. M. 2003. Spiroergometry in cardiology - Physiology and terminology. *Journal fur Kardiologie*, 10, 383-390.
- WOODWARD, E., JESSOP, M., GLASER, A. & STARK, D. 2011. Late effects in survivors of teenage and young adult cancer: does age matter? *Ann Oncol*, 22, 2561-2568.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, O. 2010. Global recommendations on physical activity for health.
- ZEBRACK, B. & ISAACSON, S. 2012. Psychosocial Care of Adolescent and Young Adult Patients With Cancer and Survivors. *Journal of Clinical Oncology*, 30, 1221-1226.

10. Anhänge

10.1. Tabellen

Tabelle 1: Häufigste Krebserkrankungen bei jungen Erwachsenen. (Pritzkeleit and Katalinic, 2016)

Tab. 2 Häufigste Krebserkrankungen bei jungen Erwachsenen. (Datenbasis: Diagnosejahre 2010 bis 2012), Quelle [2], eigene Berechnungen				
Krebsart	Anzahl der Neuerkrankungen in der Altersgruppe 15–39 Jahre	Anteil, dieser Krebsart an Krebs gesamt in der Altersgruppe 15–39 Jahre (%)	Anteil der Fälle dieser Krebsart, die auf die Altersgruppe 15–39 Jahre entfällt (%)	Rohe Rate pro 100.000 Einwohner in der Altersgruppe 15–39 Jahre
Brust (nur weiblich)	2477	16,0	3,6	21,4 ^a
Hoden	2210	14,3	55,0	18,5 ^b
Malignes Melanom	2138	13,8	10,8	9,1
Schilddrüse	1236	8,0	20,2	5,3
Hodgkin-Lymphom	905	5,9	42,2	3,9
Gebärmutterhals	881	5,7	18,5	7,6 ^a
Darm und Rektum	803	5,2	1,3	3,4
Non-Hodgkin-Lymphom	697	4,5	4,5	3,0
Hirn und ZNS	623	4,0	9,0	2,7
Leukämien	590	3,8	4,7	2,5
Alle anderen Krebsarten	2910	18,8	1,0	12,4
Gesamt	15.471	100,0	3,2	65,8

^aBezogen auf weibliche Einwohner
^bBezogen auf männliche Einwohner

Tabelle 2: Zentrumsnummer für Vergabe PatientInnenidentifikationslog

Zentrums Nr.	Zentrum
01	Universitätsklinikum Bonn , Zentrum für Kinderheilkunde
02	Universitätsklinikum Erlangen , Kinder- und Jugendklinik
03	Universitätsklinikum Essen , Kinderklinik III (Päd. Hämatologie/ Onkologie/ Stammzelltherapie; Päd. Kardiologie/ Rheumatologie; Päd. Pulmologie)
04	Universitätsklinikum Freiburg , Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Pädiatrische Hämatologie und Onkologie
05	Universitätsklinikum Hamburg (UKE) Universitäres Cancer Center Hamburg - UCCH
06	Medizinische Hochschule Hannover , Klinik für pädiatrische Hämatologie-Onkologie
07	Universitätsklinikum Jena , Klinik für Innere Medizin II
08	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Campus Lübeck
09	Universitätsklinik Magdeburg für Hämatologie und Onkologie, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke Universität
10	Universitätsmedizin Mainz der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Pädiatrische Onkologie/ Hämatologie/ Hämostasiologie
11	Universitätsklinikum Münster , Klinik für Kinder- und Jugendmedizin
12	Universitätsmedizin Rostock – rechtsfähige Teilkörperschaft der Universität Rostock
13	Klinikum Stuttgart – Olgahospital, Zentrum für Kinder-, Jugend- und Frauenmedizin, Pädiatrie (Onkologie, Hämatologie, Immunologie)
14	Universitätsklinikum Würzburg – Zentrum für psychische Gesundheit Würzburg

Tabelle 3: MVPA-Time unter Verwendung verschiedener ActiGraphen Auswertungsalgorithmen

Verwendeter Auswertungsalgorithmus	MVPA Time (Minuten pro Woche)	Standardabweichung	Zahl der Datensätze (n)
Freedson VM3	2.013,2	710,9	165
Freedson 98	1.174,0	477,8	165
Lee young-adults	1.290,7	528,6	165
Troiano 2008	1.077,0	422,6	165
Romanzini	590,1	284,0	165
Self-estimated 4250	114,2	96,8	165

Tabelle 4: Soziodemographische und biometrische Variablen des PatientInnenkollektiv

Patientencharakteristika	Pat. Gesamt	Nicht ausreichend aktiv	Ausreichend aktiv
Geschlecht m/w	47/118	36/76	11/42
Alter (Jahre; MW \pm SD)	26,5 \pm 7,0	26,5 \pm 6,6	28,0 \pm 7,3
BMI (Wert; MW \pm SD)	25,4 \pm 6,1	25,7 \pm 5,9	25,9 \pm 5,9
Abstand Therapieende	7,59 \pm 7,0	7,9 \pm 6,9	6,9 \pm 7,2
Schritte pro Tag	11252 \pm 2815	9704 \pm 1756	14253 \pm 1532

Tabelle 5: Vergleich soziodemographischer Parameter der analysierten Kohorte in verschiedenen Stadien der Datenauswertung

Vergleich der Gruppen verschiedener Auswertungsskohorten	Kohorte n = 187 (Primäre Erhebung)	Kohorte n = 165 (AktiGraph Auswertbar)	Kohorte n = 103 (Finale Auswertungsgruppe)
Schritte pro Tag	18293,4 ±2815,3	11252 ± 2815	11295,7 ±2664,4
Alter	26,4 ±7,1	26,5 ± 7,0	26,5 ±7,1
Geschlecht m/w	62/125 W	47/118	26/77
Abstand Therapieende	7,72 ±7,05	7,59 ± 7,0	7,30 ±7,31
BMI	25,4 ±6,4	25,4 ± 6,1	25,7 ±6,1
Größe	170,3 ±9,4	170,0 ±9,2	170,4 ±8,3
Gewicht	74,0 ±20,6	73,4 ±19,6	75,0 ±19,1

Tabelle 6: Vergleich Gruppe Spriergometrie vs keine Spiroergometrie

Geschlecht	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	TeilnehmerInnenzahl (n)
Spriometrie	11.233,4	2.598,0	14
Gesamtkohorte	11.294,7	2664,4	165

Tabelle 7: Gemessene Schritte pro Tag und Einteilung in verschiedene Altersklassen

Alter kategorial	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	TeilnehmerInnen- zahl (n)
15 bis 19 Jahre	11.047,8	2.639,6	42
20 bis 29 Jahre	10.765,6	2.612,5	68
30 bis 39 Jahre	12.010,1	3.065,6	55
Gesamtkohorte	11.252,3	2.815,3	165

Tabelle 8: Getätigte Schritte pro Tag unter Einteilung in verschiedene BMI-Gruppen

BMI kategorial	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	TeilnehmerInnenzahl (n)
BMI unter 20	10.546,3	2.416,3	29
BMI 20 bis 25	11.186,0	2.759,4	64
BMI 25 bis 30	11.715,1	2.812,0	33
BMI größer als 30	11.602,6	3.266,8	35
Gesamtkohorte	11.269,8	2.834,1	161

Tabelle 9: Getätigte Schritte pro Tag unter Einteilung in verschiedene Zeitabstände seit dem Abschluss der hämatoonkologischen Therapie

Zeitabstand Therapieabschluss	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	TeilnehmerInnenzahl (n)
Unter 1 Jahr	11.726,9	2.419,0	24
1 bis 5 Jahre	11.672,9	2.748,2	38
5 bis 10 Jahre	10.888,1	2.915,9	39
Mehr als 10 Jahre	10.614,6	2.357,7	39
Gesamtkohorte	11.168,7	2.656,0	140

Tabelle 10: Getätigte Schritte pro Tag unter Einteilung nach Geschlechterzugehörigkeit

Geschlecht	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	TeilnehmerInnenzahl (n)
Weiblich	11.603,5	2.846,2	118
Männlich	10.370,6	2.557,9	47
Gesamtkohorte	11.252,3	2.815,3	165

Tabelle 11: Durchschnittliche Tragezeit der ActiGraphen an verschiedenen Messtagen der beobachteten Woche

Tag der Messung	Tragezeit (MW)	Standardabweichung	Zahl der Datensätze (n)
1	1.299,7	202,9	154
2	1.279,3	202,7	153
3	1.263,1	221,0	149
4	1.308,9	181,1	143
5	1.296,8	196,2	154
6	1.279,8	203,1	159
7	1.269,0	222,9	156
Gesamt	1.285,0	205,0	1.068

Tabelle 12: Durchschnittliche Zahl getätigter Schritte an verschiedenen Messtagen der beobachteten Woche

Tag der Messung	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	Zahl der Datensätze (n)
1	11.823,4	3.781,1	152
2	11.299,0	3.890,6	160
3	11.261,6	4.040,1	162
4	11.538,2	4.176,6	165
5	11.083,3	4.246,2	156
6	11.293,2	3.959,1	147
7	10.983,2	3.752,7	126
Gesamt	11.335,3	3.987,8	1.068

Tabelle 13: Durchschnittliche Schritte pro Tag Vergleich Wochentag gegen Wochenendtag

Tag der Messung	Schritte pro Tag (MW)	Standardabweichung	Zahl der Datensätze (n)
Wochentag Montag bis Freitag	11.672,3	3.872,1	752
Wochenendtag Samstag und Sonntag	10.533,4	4.147,1	316
Gesamt	11.335,0	3.953,5	1.068

10.2. Abbildungen

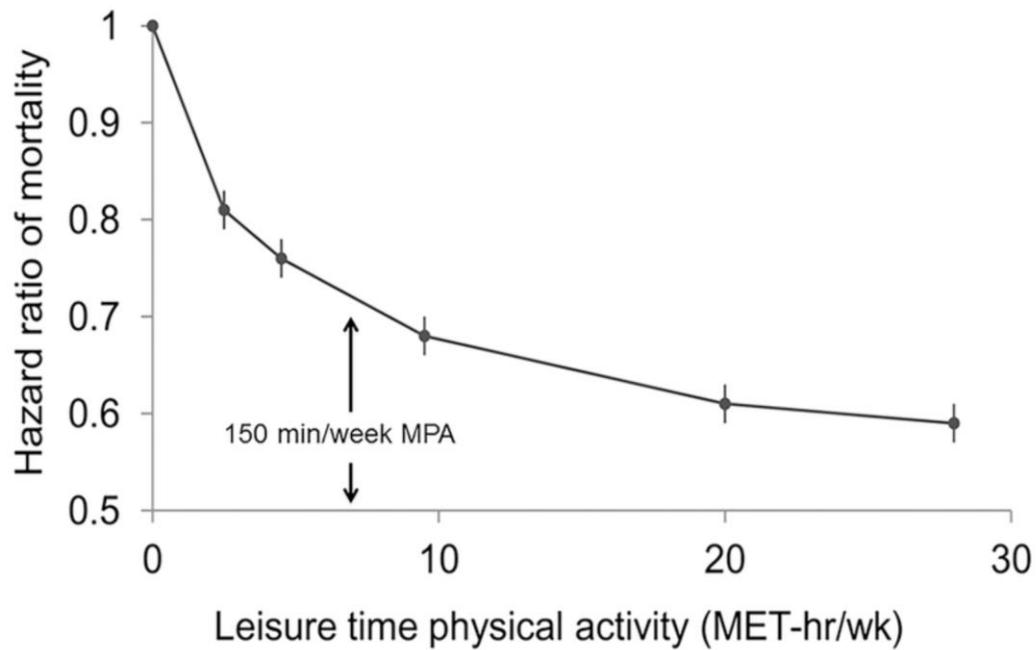


Abbildung 1: Beziehung von MVPA zur Mortalität. Kraus et al. 2016 (Kraus et al., 2019)



Abbildung 2: ActiGraph wGT3x-BT (Quelle: <https://actigraphcorp.com/actigraph-wgt3x-bt/> 26.10.2020)



Abbildung 3: Spiroergometrie (Quelle: UCCH, Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf)

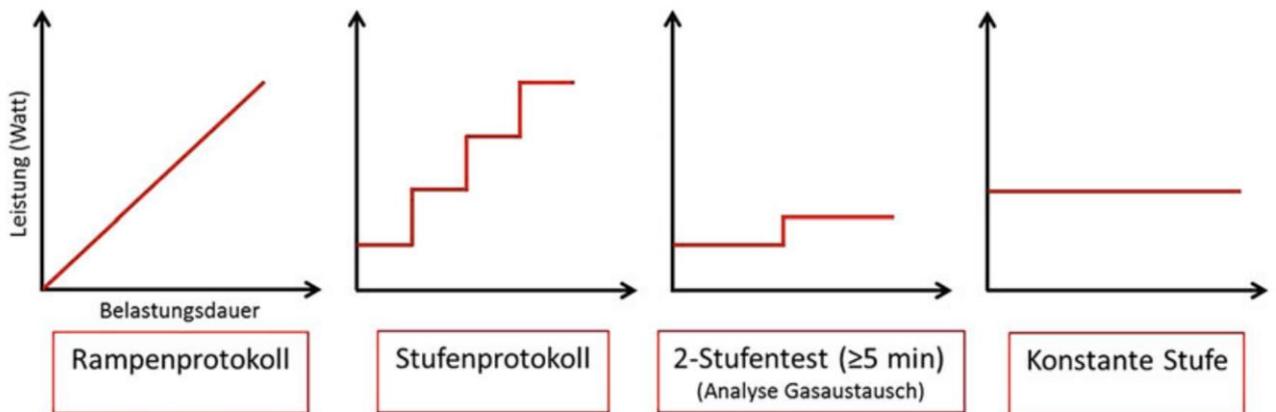


Abbildung 4: Schematische Darstellung grundlegender Belastungsprotokolle. Meyer et al. 2015 (Meyer and Preßler, 2015)

BSA-Fragbogen

1	Sind Sie berufstätig (auch Hausfrau/-mann) oder in Ausbildung?	
<input type="checkbox"/> ja	⇒ weiter mit Frage 2	<input type="checkbox"/> nein
		⇒ weiter mit Frage 3

2	Ihre Berufstätigkeit bzw. Ausbildung umfasst...			
sitzende Tätigkeiten	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> eher wenig	<input type="checkbox"/> eher mehr	<input type="checkbox"/> viel
mäßige Bewegung	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> eher wenig	<input type="checkbox"/> eher mehr	<input type="checkbox"/> viel
intensive Bewegung	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> eher wenig	<input type="checkbox"/> eher mehr	<input type="checkbox"/> viel

3	An wie vielen Tagen und wie lange haben Sie die folgenden Aktivitäten in den letzten 4 Wochen ausgeübt?		
Zu Fuß zur Arbeit gehen (auch längere Teilstrecken)	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Zu Fuß zum Einkaufen gehen	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Radfahren zur Arbeit	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Radfahren zu sonstigen Fortbewegungszwecken	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Spaziergehen	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Gartenarbeit (z.B. Rasen mähen, Hecke schneiden)	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Körperlich anstrengende Hausarbeit (z.B. Putzen, Aufräumen)	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>
Körperlich anstrengende Pflegearbeit (z.B. Kinder betreuen, Kranke pflegen)	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Minuten pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>

Abbildung 5: BSA Fragebogen. Schulz et al. 2015. Seite 1

4	An wie vielen Tagen und wie lange haben Sie die folgenden Aktivitäten in den letzten 4 Wochen ausgeübt?		
Treppensteigen	an Tagen während der 4 Wochen	ca. Stockwerke pro Tag	nicht gemacht <input type="checkbox"/>

5	Haben Sie in den letzten 4 Wochen regelmäßige sportliche Aktivität betrieben?	
<input type="checkbox"/> ja ⇒ weiter mit Frage 6		<input type="checkbox"/> nein ⇒ weiter mit Frage xy

6	Um welche sportliche(n) Aktivität(en) handelt es sich dabei?		
A	B	C	
..... (bitte hier eintragen) (bitte hier eintragen) (bitte hier eintragen)	
Aktivität A habe ich in den letzten 4 Wochen ca. Mal ausgeübt, und zwar bei jedem Mal für ca. Minuten	Aktivität B habe ich in den letzten 4 Wochen ca. Mal ausgeübt, und zwar bei jedem Mal für ca. Minuten	Aktivität C habe ich in den letzten 4 Wochen ca. Mal ausgeübt, und zwar bei jedem Mal für ca. Minuten	

Abbildung 6: BSA Fragebogen. Schulz et al. 2015. Seite 2

Tragezeit: Woche vom _____ bis _____

Wochentag	Art der Aktivität	Uhrzeit (von - bis)	Dauer (in Minuten)	Borg (6-20)
Montag				
Dienstag				
Mittwoch				
Donnerstag				
Freitag				
Samstag				
Sonntag				



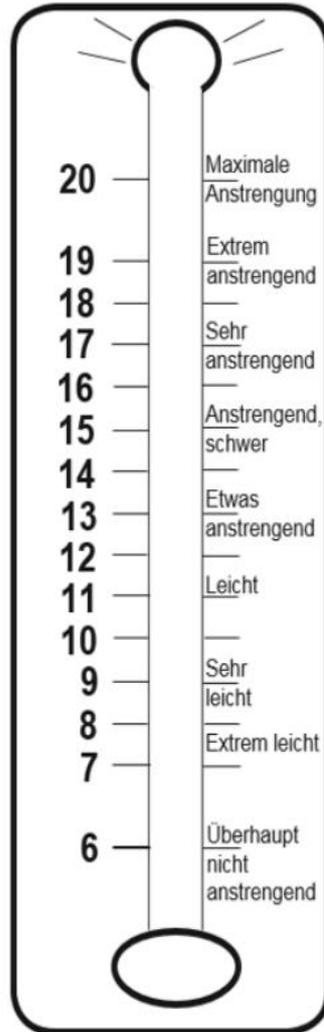
Abbildung 7: Bewegungstagebuch. Care-for-CAYA Studie, UKE

<p>1. An wie vielen Tagen einer durchschnittlichen Woche haben Sie <u>etwas anstrengende</u>* Aktivitäten ausgeübt?</p>	<p>Wie lange sind Sie an diesen Tagen durchschnittlich körperlich aktiv gewesen?</p>
<p><i>* Bei diesen Aktivitäten kommt man leicht außer Atem und etwas ins Schwitzen, aber man kann sich während der Belastung noch Unterhalten. „Laufen ohne zu Schnaufen“. Allerdings ist diese Form der Bewegung deutlich anstrengender als Alltagsaktivität. Beispiele: zügiges Fahrradfahren, Schwimmen oder Walken.</i></p>	
<p><input type="checkbox"/> An keinem Tag</p> <p><input type="checkbox"/> Anzahl der Tage (1-7):  _____</p>	<p><input type="checkbox"/> Weniger als 10 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 10 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 15 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 30 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 45 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 60 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 75 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 90 Minuten und mehr</p>
<p>2. An wie vielen Tagen einer durchschnittlichen Woche haben Sie <u>sehr anstrengende</u>** Aktivitäten ausgeübt?</p>	<p>Wie lange sind Sie an diesen Tagen durchschnittlich körperlich aktiv gewesen?</p>
<p><i>** Bei diesen Aktivitäten kommt man außer Atem und ins Schwitzen, man kann sich währenddessen nicht mehr unterhalten. Beispiele: <u>schnelles</u> Fahrradfahren, Schwimmen (Bahnen auf Zeit) oder Joggen.</i></p>	
<p><input type="checkbox"/> An keinem Tag</p> <p><input type="checkbox"/> Anzahl der Tage (1-7):  _____</p>	<p><input type="checkbox"/> Weniger als 10 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 10 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 15 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 30 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 45 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 60 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 75 Minuten</p> <p><input type="checkbox"/> 90 Minuten und mehr</p>

Abbildung 8: Screening-Frage. Salchow et al. 2018. Seite 1

Borg-Skala

Mit Hilfe der nachfolgenden Borg-Skala kann das individuelle Anstrengungsempfinden eingeschätzt werden. Sie umfasst mit ihrer Skalierung von 6 („überhaupt nicht anstrengend“) bis 20 („maximale Anstrengung“) alle Situationen des Alltags, vom reinen Liegen übers Autofahren bis hin zu verschiedenen sportlichen Aktivitäten und Intensitäten.



Beispiele:

≥ 17: Rennen bei hoher Geschwindigkeit

Zwischen 14-16: Sport im Wettkampf, schnelles Fahrradfahren oder Joggen

Zwischen 11-13: Gemächlich Schwimmen oder Joggen, Walking

Zwischen 8-10: Stehen, Kochen, Darts spielen, Angeln

≤ 7: Sitzen, TV gucken

Mit welchem Wert der Borg-Skala (6-20) würden Sie Ihre etwas anstrengenden körperlichen Aktivitäten beurteilen?

Mit welchem Wert der Borg-Skala (6-20) würden Sie Ihre sehr anstrengenden körperlichen Aktivitäten beurteilen?

 _____

 _____

Abfrage zu körperlicher Aktivität

Abbildung 9: Screening-Frage. Salchow et al. 2018. Seite 2

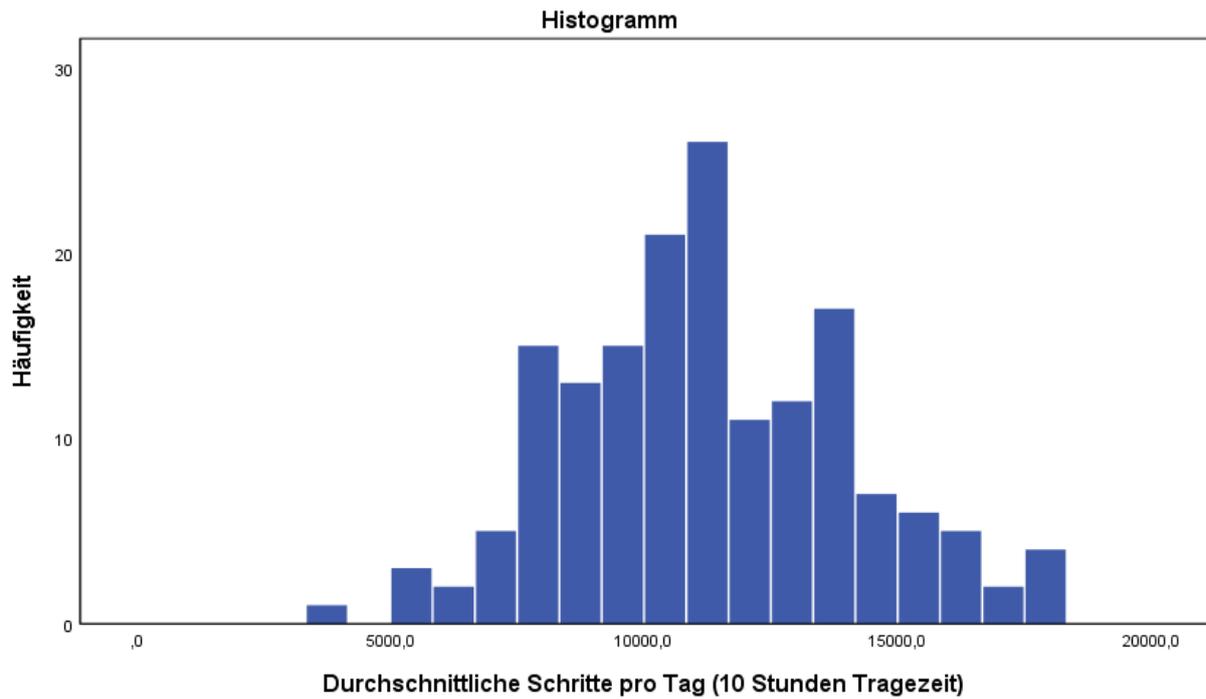


Abbildung 10: Durchschnittlich getätigte Schritte bei 10 Stunden Mindesttragezeit

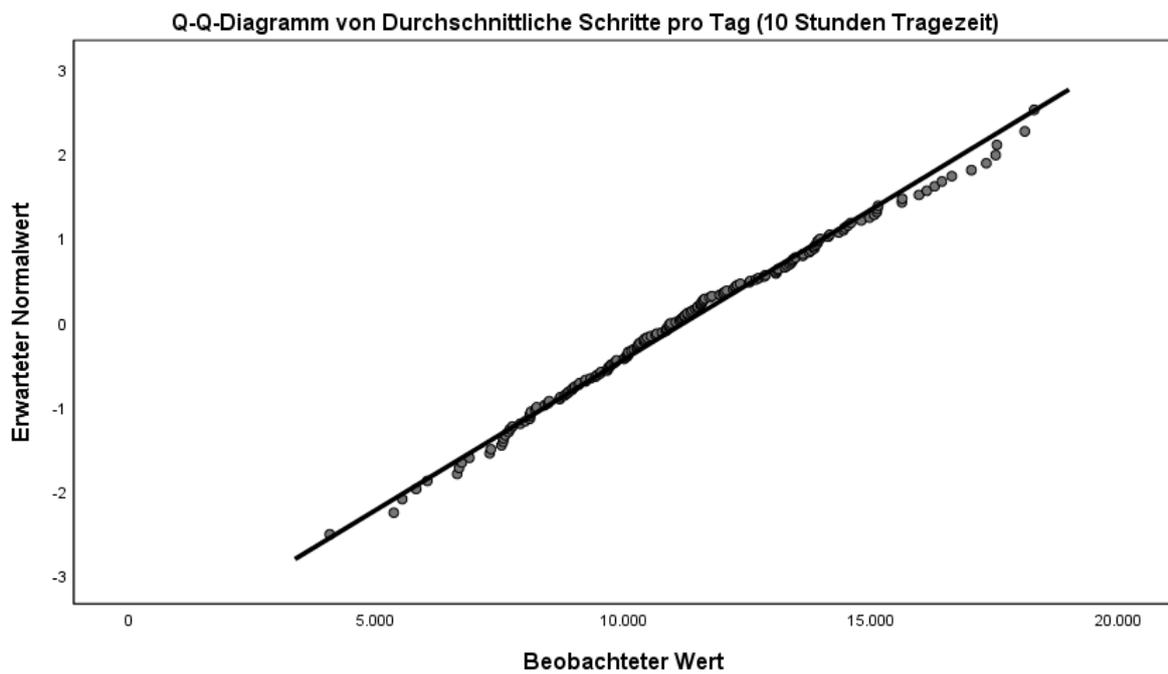


Abbildung 11: Graphische Darstellung der Normalverteilungsanalyse getätigte Schritte pro Tag

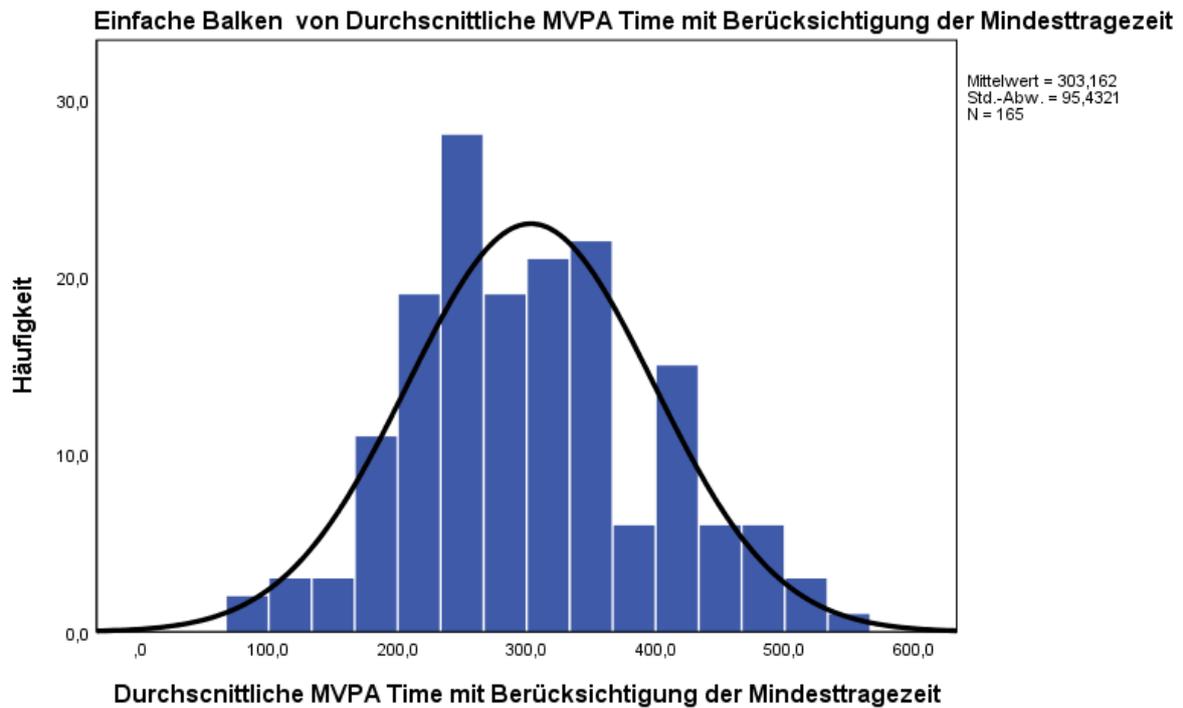


Abbildung 12: Durchschnittliche MVPA mit dem Freedson VM3 Algorithmus mit Normalverteilungskurve

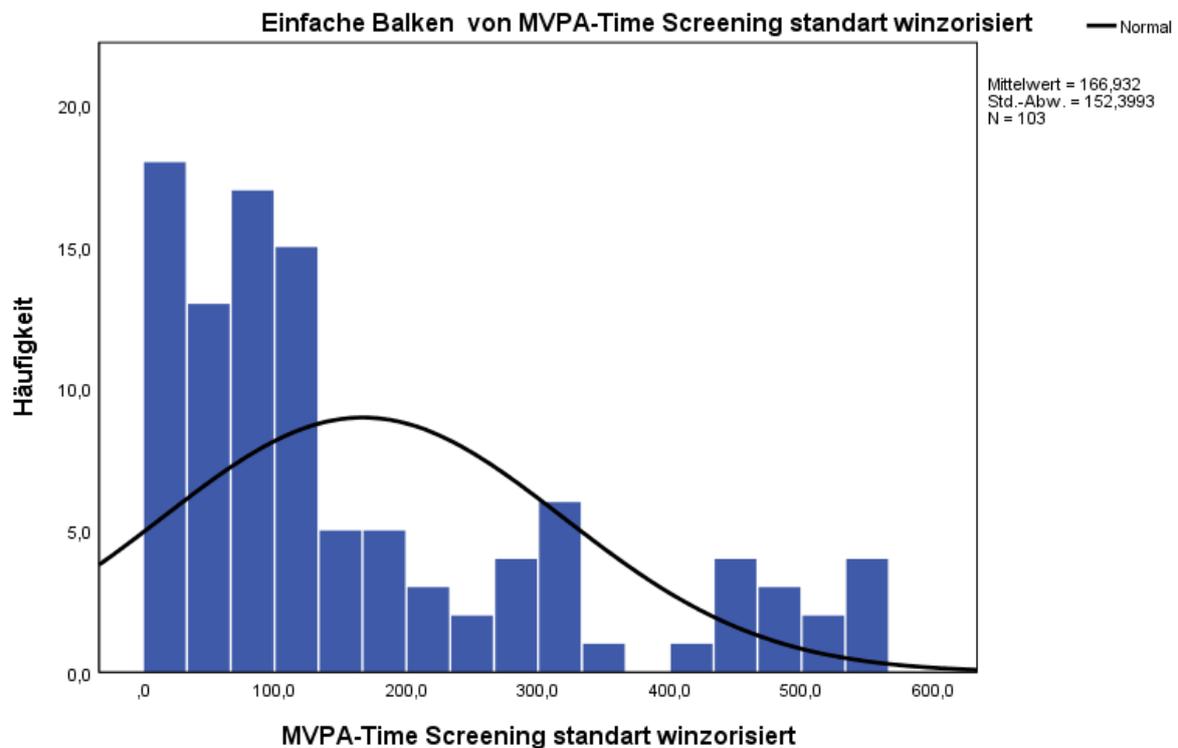


Abbildung 13: MVPA Time nach subjektiver Dokumentation unter Verwendung der Screening-Frage (Salchow et al.)

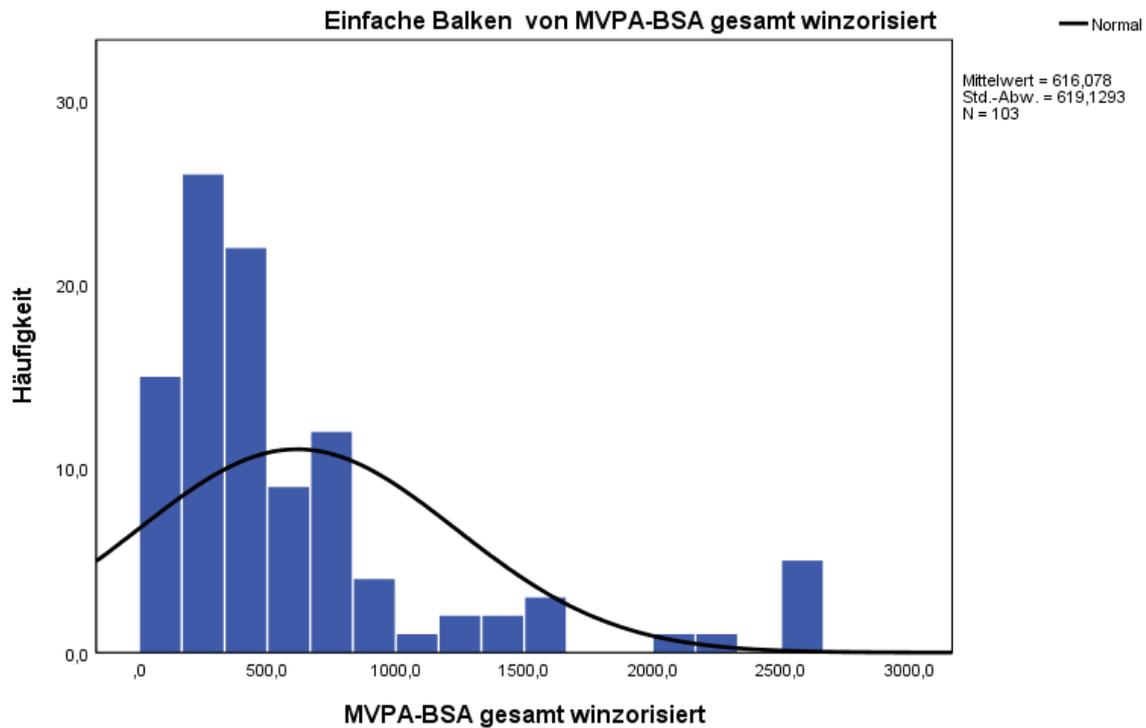


Abbildung 14: MVPA Time nach subjektiver Dokumentation unter Verwendung des BSA-Fragebogens (Schulz et al.)

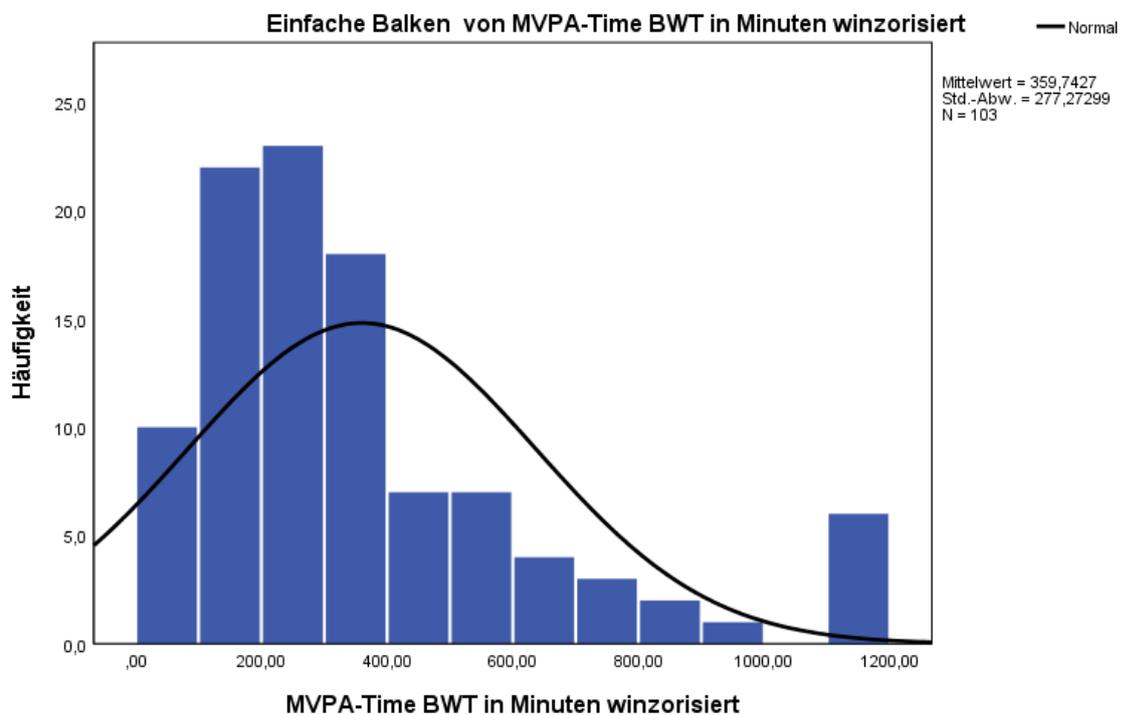


Abbildung 15: MVPA Time nach subjektiver Dokumentation unter Verwendung des Bewegungstagebuches

**Populationspyramide Gruppenvergleich MVPA-Time Screening-Frage in Minuten
Interventionsbedarf nach Schritten**

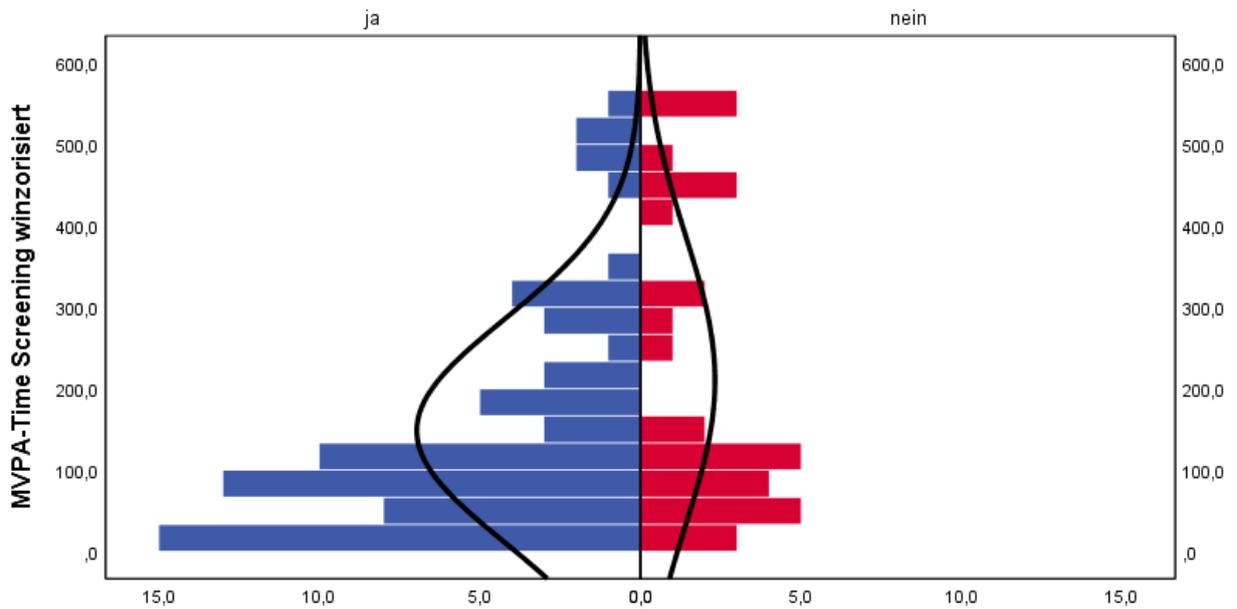


Abbildung 16: Dokumentierte MVPA unter Verwendung der Screening-Frage, Vergleich der Gruppe „ausreichend aktiv“ versus „nicht ausreichend aktiv“ nach objektiver Messung auf Basis der Schritten pro Tag

Populationspyramide Gruppenvergleich MVPA-Time BSA in Minuten

Interventionsbedarf nach Schritten

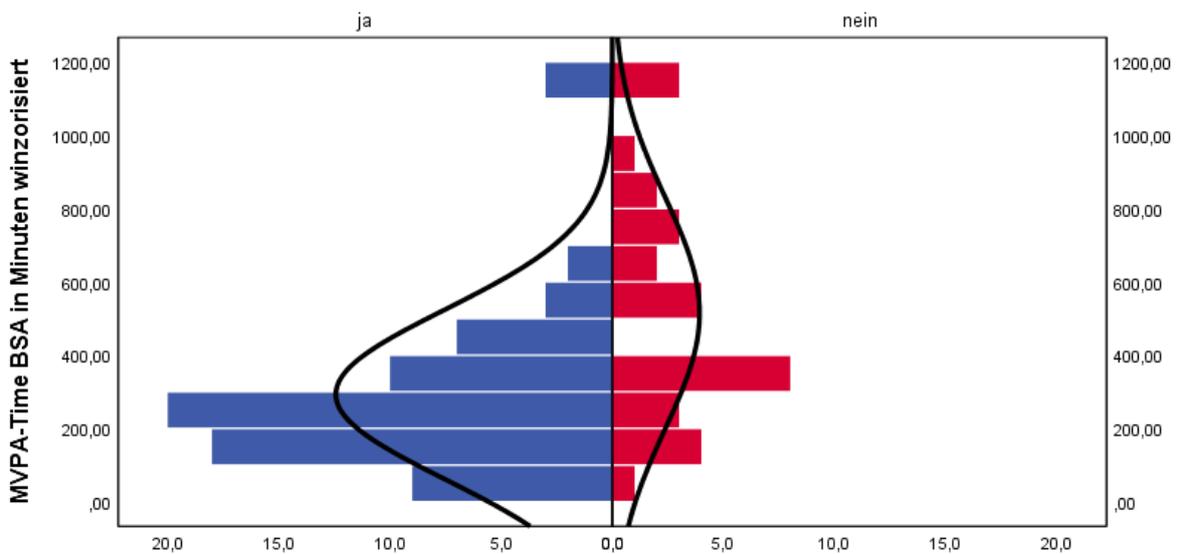


Abbildung 17: Dokumentierte MVPA unter Verwendung des BSA-Fragebogens, Vergleich der Gruppe „ausreichend aktiv“ versus „nicht ausreichend aktiv“ nach objektiver Messung auf Basis der Schritten pro Tag

Populationspyramide Gruppenvergleich MVPA-Time BWT in Minuten

Interventionsbedarf nach Schritten pro Tag

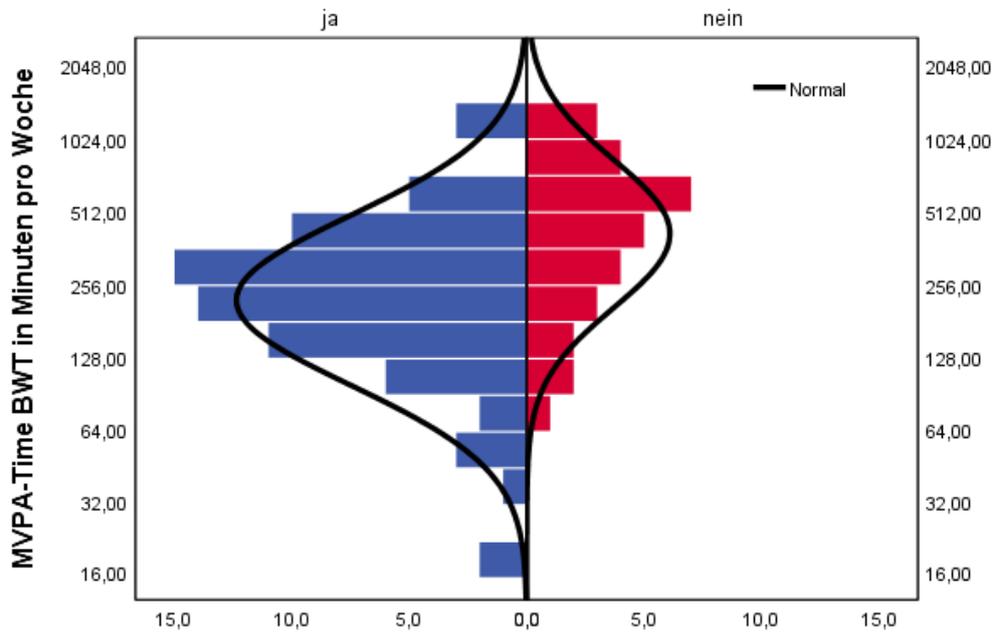


Abbildung 18: Dokumentierte MVPA unter Verwendung des BSA-Fragebogens, Vergleich der Gruppe „ausreichend aktiv“ versus „nicht ausreichend aktiv“ nach objektiver Messung auf Basis der Schritten pro Tag

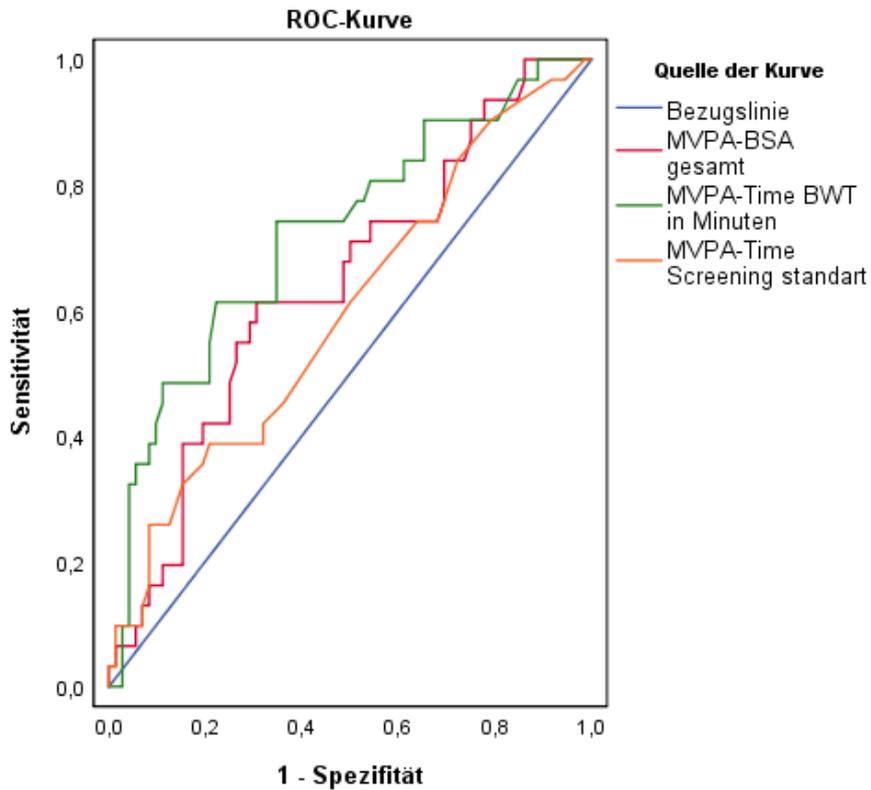


Abbildung 19: Analyse Ergebnisqualität der verglichen subjektiven Erfassungsmethoden mittels ROC-Analyse

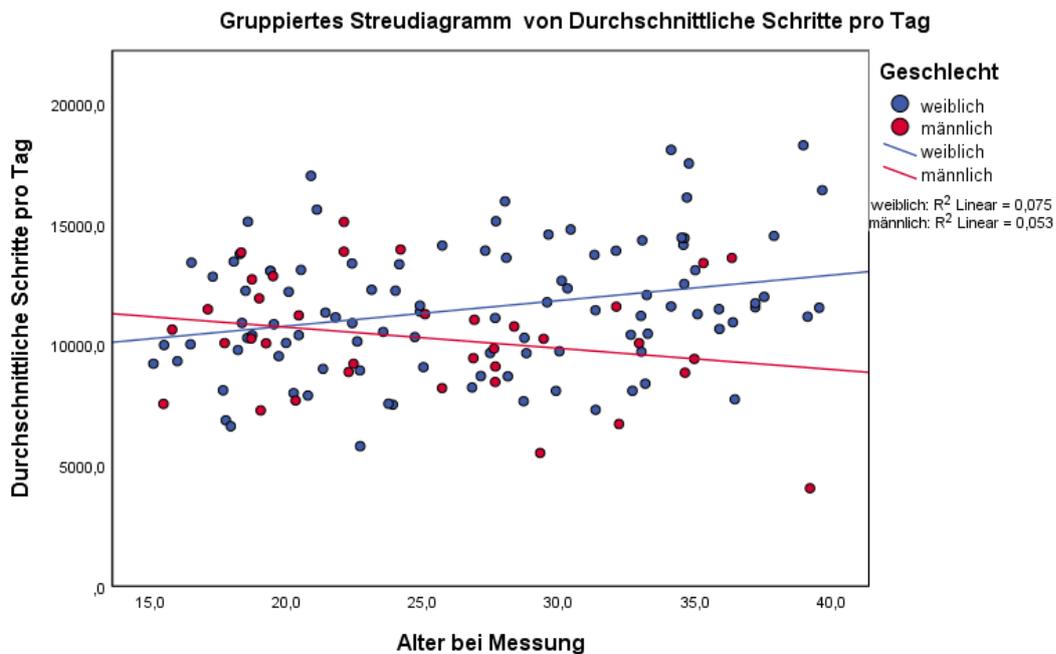


Abbildung 20: Durchschnittliche Schritte pro Tag mit Kennzeichnung des Geschlechtes und des PatientInnenalters

11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all den Menschen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen und mich in dieser herausfordernden und lehrreichen Phase meines Lebens unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank Prof. Dr. Alexander Stein, der meine Promotionsarbeit betreut und mich eng in inhaltlichen und strukturellen Fragen unterstützt hat. Für Rat und Tat in schwierigen Lagen und zu allen Zeiten möchte ich mich herzlich bedanken. Ebenso bedanken möchte ich mich bei M.a. Simon Elmers für die großartige Unterstützung und Zusammenarbeit in gesamten Verlauf des Entstehungsprozesses.

Ich bedanke mich herzlich bei Kristina Lehmann und Felix Pawlowski als VertreterInnen der „Deutschen Stiftung für Junge Erwachsene mit Krebs“ für anregenden Austausch und die finanzielle Unterstützung meiner Forschung.

Genauso möchte ich mich bei Eik Vettorazzi für wiederholte statistische Beratungen und Interpretationshilfe herzlich bedanken. Außerdem möchte ich dem gesamten Team der Care-for-CAYA Studie, vor allem Dr. Jannike Salchow, Dr. Wiebke Jensen, Dr. Sarah Dwinger, M.a Julia von Grundherr, Dr. Barbara Koch und B.a. Luisa Wegert, PD Dr. med. Marianne Sinn und Herrn Prof. Dr. Carsten Bokemeier für die herzliche Aufnahme im Team und ausgiebige Unterstützung danken.

Schließlich gilt besonderer Dank meiner Familie, die mich in allen Phasen dieser Arbeit begleitet hat. Meinen Eltern Susanne Gröhnke und Kai Nungesser möchte ich für die Unterstützung während des gesamten Studiums danken, ohne die ich auch nicht in der Lage gewesen wäre, diese Arbeit zu verfassen. Kai Nungesser möchte ich weiterhin für das ausführliche Korrekturlesen dieser Arbeit danken. Zuletzt gebührt meiner Freundin Aurelia Franz für die jahrelange emotionale und inhaltliche Unterstützung höchster Dank.

12. Curriculum Vitae

Lebenslauf

Stanislaus Gröhnke

Erikastraße 47
20251 Hamburg
stani.groehnke@arcor.de

Persönliche Daten

Geburtsdatum, -ort 2. Mai 1996 in Hamburg

Familienstand ledig

Arbeitserfahrung

Seit Januar 2023 Tätigkeit als Assistenzarzt der Unfallchirurgie/Orthopädie im Regio Klinikum Pinneberg

Hochschulstudium

Oktober 2015 bis Juli 2022 Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf UKE, Hamburg
Studium der Humanmedizin

seit März 2019 Promotion im Rahmen der „Care for Caya“-Studie, UKE

Oktober 2019 bis Oktober 2020 Promotionsstipendium durch die „Deutsche Stiftung für junge Erwachsene mit Krebs“

Praxiserfahrung während des Studiums

Juni 2020 Famulatur am LANS Medicum, Hamburg

Mai bis Juli 2021 Halbes Tertial Praktisches Jahr im Bereich Innere Medizin im Spital Heiden, Schweiz

Juli bis September 2021 Halbes Tertial Praktisches Jahr im Bereich Innere Medizin im AK Barmbek, Hamburg

September bis Dezember 2021 Tertial Praktisches Jahr im Bereich Orthopädie/ Unfallchirurgie in der Endoklinik, Hamburg

Januar bis März 2022 Tertial Praktisches Jahr im Bereich Chirurgie im AK Harburg, Hamburg

Schulbildung

2006 – 2014 Abitur am Emilie-Wüstenfeld Gymnasium, Hamburg

Berufliche Weiterbildung

Oktober 2017, Juni 2018 Teilnahme an Extracurriculären Seminaren zum Thema

Oktober 2018 „Sportmedizin“ von Herrn Dr. Peter Ueblacker

Oktober 2019 – März 2020 Teilnahme an der Sportmedizinischen Seminarreihe am Lans – Medicum am Stephansplatz

Februar und März 2023 Teilnahme an Strahlenschutz-Weiterbildungen

Sonstige Kenntnisse

EDV

MS Office, MS Outlook, MS Excel, SPSS

Sprachen

Englisch (fließend), Französisch

Ehrenamtliches

2010 – 2015

Ehrenamtlicher Jugendfußballtrainer (SC Sternschanze)

Stanislaus Gröhnke 02.03.2023

Handwritten signature of Stanislaus Gröhnke in black ink.

13. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe. Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: