

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science
im Studiengang Gesundheitswissenschaften

Vergleich verschiedener Fitness Tracker hinsichtlich der Messgenauigkeit in unterschiedlichen Settings

Vorgelegt von

Fadi Dahdouli

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Am 30. August 2019

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. André Klußmann HAW Hamburg

Zweitgutachterin: Dipl. Gesundheitswirtin Natalie Krämer HAW Hamburg

Zusammenfassung

Einleitung: Bewegungsmangel nimmt weiter zu, sodass sich vermeidbare Zivilisationskrankheiten häufen. Körperliche Aktivität hat einen starken Einfluss auf die Gesundheit und kann präventiv gegen zahlreiche gesundheitliche Beschwerden wirken. Hier sollen Fitness Tracker ansetzen und die Nutzer und Nutzerinnen zu mehr Bewegung motivieren. Mit Hilfe der Aufzeichnung von Gesundheitsdaten, wie der Schrittzahl oder der Herzschlagfrequenz, erhalten Nutzer und Nutzerinnen einen umfangreichen Überblick über den eigenen Fitnesszustand. Zu hinterfragen ist, wie genau und zuverlässig die erhobenen Daten sind. Ziel dieser Arbeit ist es, Fitness Trackern hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit bei der Schrittzählung und Herzfrequenzmessung in unterschiedlichen Settings zu untersuchen.

Methodik: Es wurde die Messgenauigkeit der Schritte und Herzschlagfrequenz bei 400, 800 und 1000 Schritten untersucht. Die Messungen fanden während unterschiedlicher Aktivitäten statt, welche normales und schnelles Gehen sowie Joggen und Laufen umfassen. Hierfür wurden die Fitness Tracker Garmin vivosmart 3, die Fitbit Alta HR und das Xiaomi Mi Band 3 verwendet und zeitgleich an beiden Handgelenken getragen. Als Goldstandard galt für die Schrittzählung ein mechanischer Handzähler. Der Suunto t6d Brustgurt fungierte als Referenzgerät für die Herzschlagfrequenz. Teilnehmende waren eine männliche und eine weibliche Person. Die Stichprobe umfasst 60 Durchgänge pro Person. Es erfolgte die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen sowie der Minima, Maxima und Signifikanz. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Version 22) analysiert und ausgewertet.

Ergebnisse: Die Geräte weisen bei allen Aktivitäten mit 400 Schritten Mittelwerte zwischen 328 und 410 auf. Bei 800 Schritten wurden Mittelwerte von 743 bis 820 beobachtet und bei 1000 Schritten 991 bis 1135. Die Abweichungen der Tracker vom Brustgurt liegen bei 400 Schritten im Bereich von 0,2 und 39,6 Prozent, bei 800 Schritten zwischen 1,1 und 23,1 Prozent und bei 1000 Schritten 0,2 und 26,7 Prozent. Die Art der Aktivität scheint die Genauigkeit der Schrittzählung und der Herzfrequenzmessung zu beeinflussen.

Diskussion: Fitness Tracker können die Schrittzahl und Herzschlagfrequenz teilweise genau erfassen. Es zeigen sich Unterschiede unter den Trackern, wobei die vivosmart 3 mit der größten Genauigkeit und die Fitbit Alta HR mit der geringsten Genauigkeit beider Parameter auffiel. Das Mi Band 3 kann die Schrittzahl teilweise genau erfassen, ist aber durch mangelnde Genauigkeit bei der Herzfrequenzmessung gekennzeichnet. weist das weibliche Geschlecht höhere Fehlerraten bei der Messgenauigkeit der untersuchten Parameter auf und resultierte mit weniger präzisen Ergebnissen bei der Alta HR und dem Mi Band 3.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	2
2.1 Definition körperliche Aktivität	3
2.2 Relevanz körperlicher Aktivität	3
2.3 Folgen körperlicher Inaktivität.....	5
2.4 Aktuelle Lage körperlicher Aktivität	9
2.5 Empfehlungen.....	11
2.6 Definition Wearables.....	12
2.6.1 Funktionsweise von Fitness Trackern	12
2.6.2 Absatz und Umsatz von Fitness Trackern.....	15
2.7 Aktueller Forschungsstand zur Messgenauigkeit von Fitness Trackern	17
2.8 Wearables und Datenschutz	22
2.9 Chancen und Risiken von Fitness Trackern	24
3. Fragestellung und Hypothesen	27
4. Methodisches Vorgehen.....	28
4.1 Studiendesign	28
4.2 Verwendete Geräte.....	29
4.3 Pretest.....	30
4.4 Datenerhebung	31
4.5 Datenauswertung.....	31
4.6 Erfassung der Schrittzahl einer Interventions- und Kontrollgruppe	32
5. Darstellung der Ergebnisse	32
5.1 Deskriptive Statistik und Signifikanz Schrittzählung	32
5.2 Deskriptive Statistik und Signifikanz Herzschlagfrequenz.....	38
5.3 Vergleich der Schrittzählung unter Feldbedingungen.....	44

6. Diskussion	46
6.1 Ergebnisdiskussion	46
6.2 Methodendiskussion	58
6.3 Limitationen.....	59
6.4 Empfehlungen.....	60
7. Fazit und Ausblick	60
Literaturverzeichnis	VI
Anhang.....	XIII
Anhang A: Schrittzahl und deskriptive Statistik bei der männlichen Person pro Durchgang.....	XIII
Anhang B: Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik bei der männlichen Person pro Durchgang.....	XIX
Anhang C: Schrittzahl und deskriptive Statistik bei der weiblichen Person pro Durchgang.....	XXV
Anhang D: Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik bei der weiblichen Person pro Durchgang.....	XXXI
Anhang E: Schrittzahlen und Differenzen Feldexperiment.....	XXXVII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Relatives Gesamtmortalitätsrisiko nach unterschiedlicher Dauer körperlicher Aktivität und Intensitäten	8
Abbildung 2: Bewegungsdauer im Alltag	9
Abbildung 3: Prävalenz körperlicher Aktivität nach Alter (Männer)	10
Abbildung 4: Prävalenz körperlicher Aktivität nach Alter (Frauen)	11
Abbildung 5: Ausschläge beim Gehen, Abbildung 6: Ausschläge beim Joggen	13
Abbildung 7: Funktionsweise Erfassung der Pulsfrequenz mit LED Licht	14
Abbildung 8: Absatz von Fitness-Trackern in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2017 (in Millionen).....	15
Abbildung 9: Umsatzentwicklung von Fitness Trackern in Deutschland 2015 bis 2017 (in Millionen).....	16
Abbildung 10: Weltweite Prognose zum Absatz von Fitness Trackern von 2016 bis 2022 (in Millionen).....	16
Abbildung 11: Mittelwertvergleich der vivosmart 3 und des Mi Band 3 pro Teilnehmerin .	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Gesundheit	5
Tabelle 2: Auswirkungen von Bewegung auf verschiedene Krebsarten	6
Tabelle 3: Funktionen der Geräte	30
Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 400 Schritten	33
Tabelle 5: Statistische Signifikanz bei 400 Schritten	34
Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 800 Schritten	35
Tabelle 7: Statistische Signifikanz bei 800 Schritten	36
Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 1000 Schritten (männlich)	37
Tabelle 9: Statistische Signifikanz bei 1000 Schritten	38
Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 400 Schritten	39
Tabelle 11: Darstellung der Signifikanz bei 400 Schritten Herzschlagfrequenz	40
Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 800 Schritten	41
Tabelle 13: Darstellung der Signifikanz bei 800 Schritten Herzschlagfrequenz	42
Tabelle 14: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 1000 Schritten.....	43
Tabelle 15: Darstellung der Signifikanz bei 1000 Schritten Herzschlagfrequenz	44
Tabelle 16: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen	XIII
Tabelle 17: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen	XIII
Tabelle 18: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen	XIV
Tabelle 19: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XIV
Tabelle 20: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XV
Tabelle 21: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XV
Tabelle 22: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Joggen	XVI
Tabelle 23: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Joggen	XVI
Tabelle 24: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Joggen	XVII
Tabelle 25: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen	XVII
Tabelle 26: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Laufen	XVIII
Tabelle 27: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Laufen	XVIII
Tabelle 28: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen	XIX
Tabelle 29: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen	XIX

Tabelle 30: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen	XX
Tabelle 31: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XX
Tabelle 32: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XXI
Tabelle 33: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XXI
Tabelle 34: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen	XXII
Tabelle 35: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen	XXII
Tabelle 36: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen	XXIII
Tabelle 37: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen	XXIII
Tabelle 38: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen	XXIV
Tabelle 39: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen	XXIV
Tabelle 40: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXV
Tabelle 41: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXV
Tabelle 42: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXVI
Tabelle 43: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)	XXVI
Tabelle 44: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)	XXVII
Tabelle 45: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)	XXVII
Tabelle 46: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXVIII
Tabelle 47: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXVIII
Tabelle 48: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXIX
Tabelle 49: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXIX
Tabelle 50: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXX
Tabelle 51: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXX
Tabelle 52: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXXI
Tabelle 53: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXXI

Tabelle 54: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w)	XXXII
Tabelle 55: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)	XXXII
Tabelle 56: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen	XXXIII
Tabelle 57: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)	XXXIII
Tabelle 58: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXXIV
Tabelle 59: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXXIV
Tabelle 60: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen (w)	XXXV
Tabelle 61: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXXV
Tabelle 62: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXXVI
Tabelle 63: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w)	XXXVI
Tabelle 64: Schrittzahlen Teilnehmerin A	XXXVII
Tabelle 65: Schrittzahlen Teilnehmerin B	XXXVIII
Tabelle 66: Schrittzahlen Teilnehmerin C	XXXIX
Tabelle 67: Schrittzahlen Teilnehmerin D	XL

Abkürzungsverzeichnis

Bfs	Bundesamt für Strahlenschutz
MW	Mittelwert
SD	Standardabweichung
ULD	Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1. Einleitung

Bewegungsmangel ist ein kontinuierlich größer werdender Risikofaktor, der zahlreiche gesundheitliche Probleme mit sich bringt. Über ein Drittel der Erwachsenen in der Europäischen Region der Weltgesundheitsorganisation (WHO) bewegen sich ungenügend. Demnach sind jährlich eine Million Todesfälle durch Bewegungsmangel zu verzeichnen (Weltgesundheitsorganisation Regionalbüro für Europa, 2015, o.S.). Ein Mangel an Bewegung ist mit zahlreichen gesundheitlichen Risiken, wie dem Abbau der Skelettmuskulatur und der daraus resultierenden Einschränkung der Mobilität verbunden (Mensink, 2003, S. 4). Besonders Einfluss hat Bewegungsmangel auf die Entstehung nichtübertragbarer Krankheiten (Finger et al., 2017, S. 29). Sogenannte Wearables sollen zu mehr Bewegung motivieren sowie die Gesundheitsdaten der Nutzer und Nutzerinnen aufzeichnen. Eine Studie der Fresenius Hochschule mit 512 Teilnehmenden kam zu dem Ergebnis, dass Wearables zu einem gesundheitsförderlicheren Gesundheitsverhalten und mehr Motivation für Sport beitragen können (Theyke, Dellanna & Sethe, 2017, S. 1-3).

Unter die Kategorie der Wearables fallen verschiedene am Körper tragbare Geräte, wie die Fitness Tracker (Seyrkammer, 2015, S. 15-17). Studien zufolge nutzt jeder dritte Bürger und jede dritte Bürgerin ein Wearable in Form eines Fitness Trackers oder einer Gesundheits-Applikation. Laut einer repräsentativen Umfrage von Bitkom Research mit 1.236 Personen, nutzen 31 Prozent der Befragten ab 14 Jahren Fitness Tracker, um Gesundheitsdaten aufzuzeichnen. Davon nutzen 18 Prozent Fitness-Armbänder (Krösmann, Mütze & Dehmel, 2016). Diese Geräte können die Schrittzahl, die Herzfrequenz, den Schlaf und den Kalorienverbrauch sowie weitere Parameter erfassen. Anschließend werden die Gesundheitsdaten in der dazugehörigen Applikation (App) gespeichert und übersichtlich dargestellt. Fraglich ist, wie zuverlässig die Daten erfasst werden und wie realitätsnah diese die Wirklichkeit abbilden. Studien zufolge tendieren Fitness Tracker dazu, die Schrittzahl bei geringen Bewegungsgeschwindigkeiten zu unterschätzen, mit zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit diese aber genauer zu erfassen (Bunn et al., 2018 S. 503; Chow et al., 2017, S. 201). Ebenfalls sollen die Tracker die Herzschlagfrequenz genau aufzeichnen, die Messgenauigkeit der Tracker aber von zahlreichen Faktoren abhängig sein (Ricchio et al., 2018, S. 62; Shcherbina et al., 2017, S. 9 f.; Jo et al., 2016, S. 546; Gillinov et al., 2017, S. 1703). Die Herzfrequenzmessung erfolgt mit Hilfe von LED Lichtern, die an der Unterseite des Trackers angebracht sind und das Blutvolumen in den Adern erfassen, sodass Rückschlüsse auf die Herzfrequenz gezogen werden können (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.).

Für die in dieser Arbeit verwendeten Geräte liegen allerdings keine Daten vor, welche ebendiese Parameter untersuchten. Demnach wird folgender Frage nachgegangen: „*Wie genau*

können Fitness Tracker die Anzahl der Schritte und die Herzschlagfrequenz in unterschiedlichen Settings ermitteln?“ Verwendet wurden die Fitness Tracker *Garmin vivosmart 3*, *Fitbit alta HR* und das *Xiaomi Mi Band 3*. Die Daten wurden bei Schrittzahlen von 400, 800 und 1000 Schritten erhoben. Festgelegte Aktivitäten waren normales Gehen (4,8 km/h), schnelles Gehen (6,3 km/h) sowie Joggen (11 km/h) und Laufen (12,4 km/h). Als Goldstandard für die Anzahl der Schritte dient ein mechanischer Handzähler. Ein Brustgurt von Suunto gilt als Referenzgerät für die Messung der Herzschlagfrequenz. Zusätzlich wurden von zwei Studierenden Daten über die Anzahl der Schritte im Alltag erhoben. Dabei trugen jeweils zwei Personen aus der Interventions- und Kontrollgruppe gleichzeitig die *Garmin vivosmart 3* und das *Xiaomi Mi Band 3* über einen Zeitraum von vier Wochen. Anhand der Ergebnisse aus dieser Arbeit wird ein Vergleich der Genauigkeit unter Laborbedingungen und Feldbedingungen angestellt. Ziel ist es, mit Hilfe der Ergebnisse Rückschlüsse darauf zu schließen, welches der beiden Geräte genauer und zuverlässiger misst.

Folgend wird der theoretische Hintergrund einen Einblick über die derzeitige Lage der körperlichen Aktivität dargestellt und der Begriff körperliche Aktivität sowie seine Rolle bei der Entstehung von Krankheiten erläutert. Darauffolgend wird näher auf sogenannte Wearables eingegangen und der aktuelle Forschungsstand hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit nähergebracht. In Kapitel drei folgt die Beschreibung der Fragestellung und der Hypothesen. Anschließend wird in Kapitel vier die Methode und das Studiendesign sowie die Datenerhebung dargestellt. Das fünfte Kapitel stellt die Ergebnisse der Untersuchung vor, welche in Kapitel sechs interpretiert und diskutiert werden. Darauf basierend werden Limitationen aufgezeigt und kritisch reflektiert sowie abschließend ein Fazit gezogen. Die in dieser Arbeit aufgeführten Abbildungen sowie Tabellen dienen zur Veranschaulichung und sollten zum besseren Verständnis betrachtet werden

2. Theoretischer Hintergrund

Der folgende Abschnitt stellt die derzeitige Problematik des Bewegungsmangels dar und definiert den Begriff *körperliche Aktivität*. Darauffolgend wird der Nutzen körperlicher Aktivität sowie Risiken körperlicher Inaktivität aufgeführt und anschließend der Begriff *Wearables* abgegrenzt. Diesbezüglich wird die Funktionsweise der Fitness Tracker erläutert und der aktuelle Forschungsstand zur Messgenauigkeit dieser Geräte dargestellt. Weiterhin folgt ein Überblick der Verkaufszahlen und Umsätze von Wearables. Abschließend soll auf den Datenschutz von Wearables eingegangen und zu den Potenzialen und Risiken ebendieser Geräte eingeleitet werden.

2.1 Definition körperliche Aktivität

Als körperliche Aktivität wird jede Bewegung definiert, die durch Muskeln gesteuert wird und Energie verbraucht. Dabei entspricht schnelles Gehen einer Geschwindigkeit von 4,8 bis 6,2 km/h und wird als mäßige körperliche Aktivität bezeichnet (Lengfelder, 2001, S. 663). Unter den Begriff körperliche Aktivität fallen Betätigungen, die bei Gartenarbeiten, beim Spielen oder Tanzen sowie bei Hausarbeiten und in der Freizeit entstehen. Gehen, Radfahren sowie Sport sind diesen Aktivitäten zugeordnet. Bei Sport handelt es sich um Aktivitäten, die ein bestimmtes Maß an Wettkampfcharakter aufweisen und daher als Sonderform von körperlicher Aktivität gelten (Berggren et al., 2010, S. 15).

Körperliche Aktivität kann außerdem in gesundheitsförderliche körperliche Aktivität gegliedert werden, welche als moderat intensiv eingestuft wird. Diese ist durch einen erhöhten Puls und einem Wärmegefühl charakterisiert (Berggren et al., 2010, S. 15). Aktivitäten, die die Atem- und Herzfrequenz erhöhen sind beispielsweise Radfahren, Joggen, Fußball oder Schwimmen. Jene werden den aeroben Aktivitäten (Ausdaueraktivitäten) zugeordnet. Eine gesundheitsförderliche Wirkung ist zu erwarten, wenn die Aktivitäten für mindestens zehn Minuten ohne Unterbrechung ausgeübt werden (Finger et al., 2017, S. 37). Auch sind muskelkräftigende Aktivitäten, wie Krafttraining oder Yoga mit einer gesundheitsförderlichen Wirkung verbunden. Diese haben insbesondere positive Effekte auf den Bewegungsapparat, die Skelettmuskeln, Gelenke, Knochen sowie Sehnen und Bänder (Finger et al., 2017, S. 37).

Im Folgenden wird die aktuelle Lage körperlicher Aktivität in der Europäischen Union und Deutschland herangeführt.

2.2 Relevanz körperlicher Aktivität

Unbestritten ist, dass körperliche Aktivität für den Erhalt und der Förderung der Gesundheit von großer Relevanz ist und einen wichtigen Faktor für die Prävention zahlreicher Erkrankungen darstellt. So wirkt körperliche Aktivität präventiv gegen Herz-Kreislauf-, Krebs- und Stoffwechselkrankheiten sowie psychische Krankheiten (Berggren, 2010, S. 19 f.). Bereits 1953 wurde in einer Studie von Jeremy Morris der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und der Entstehung von koronaren Herzkrankheiten aufgezeigt. In dieser wurden 30.000 Kontrolleure der Londoner Doppeldeckerbusse, welcher körperlich aktiver waren als die Vergleichsgruppe aus Busfahrern, untersucht. Die Kontrolleure, welche täglich 500-700 Treppenstufen stiegen, wiesen ein um 30 Prozent geringeres relatives Risiko für die Entstehung einer koronaren Herzkrankheit auf, als die inaktiven Busfahrer (Gabrys, 2017, S. 68).

Überdies können Übergewicht und Beschwerden am Muskel- und Skelettsystem reduziert sowie das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen gesenkt werden (Krug et al., 2013, S. 765). Zudem finden sich positive Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden sowie die Erhaltung des allgemeinen Fitnesszustandes, welcher zusätzlich mit einer erhöhten Lebensqualität resultiert (Krug et al., 2013, S. 765).

Ebenfalls wird das Arteriosklerose-Risiko reduziert und das Atemminutenvolumen erhöht, welches mit einer höheren Belastbarkeit einhergeht (Scriba & Schwartz, 2004, S. 157). Personen, welche sich mindestens 2,5 Stunden pro Woche moderat körperlich betätigen, weisen ein um 19 Prozent geringeres Mortalitätsrisiko auf als inaktive Personen. Ein moderates Aktivitätsniveau von sieben Stunden pro Woche ist bereits mit einem 24 Prozent geringeren Mortalitätsrisiko verbunden. Demnach sinkt dieses mit steigender Intensität der Aktivität (Gabrys, 2017, S. 68).

Insgesamt reduziert regelmäßige körperliche Aktivität das Risiko für Bluthochdruck, Schlaganfälle, verschiedene Krebsarten sowie Stürze und Frakturen (World Health Organization, 2018). Zudem kann durch genügend Bewegung einer Gewichtszunahme und der Entstehung von Adipositas entgegengewirkt werden (Berggren, 2010, S. 19). Durch Beseitigung des Bewegungsmangels kann die Entstehung von Diabetes mellitus Typ 2 um 58 Prozent sowie das Herzinfarkt- und Schlaganfallrisiko um 30 Prozent gesenkt werden (Scriba & Schwartz, 2004, S. 160).

Die muskuloskeletale Gesundheit kann durch ausgiebige Bewegung über das ganze Leben hinweg erhalten und gefördert werden, sodass eine altersbedingte Rückbildung jener Muskeln begrenzt wird. Des Weiteren tragen Aktivitäten mit dem eigenen Körpergewicht dazu bei, der Entstehung einer Osteoporose entgegenzuwirken und die Knochendichte zu erhöhen (Berggren, 2010, S. 20).

In Tabelle 1 sind weitere Effekte körperlicher Aktivität auf die Gesundheit aufgeführt. Erwähnenswert ist, dass regelmäßige körperliche Aktivität insbesondere eine positive Wirkung auf die Lebenserwartung ausübt und das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen signifikant reduziert.

Tabelle 1: Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Gesundheit (Quelle: Rütten et al., 2005, S. 8)

Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit	
Lebenserwartung	▲▲▲
Risiko von kardiovaskulären Erkrankungen	▼▼▼
Blutdruck	▼▼
Risiko an Darmkrebs zu erkranken	▼▼
Risiko an Diabetes mellitus Typ II zu erkranken	▼▼▼
Beschwerden durch Arthrose	▼
Knochendichte im Kindes- und Jugendalter	▲▲
Risiko altersbedingter Stürze	▼▼
Kompetenz zur Alltagsbewältigung im Alter	▲▲
Kontrolle des Körpergewichts	▲
Angst und Depressionen	▼
Allgemeines Wohlbefinden und Lebensqualität	▲▲

Erklärung: ▲ = Einige Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;
 ▲▲ = moderate Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;
 ▲▲▲ = starke Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;
 ▼ = einige Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt;
 ▼▼ = moderate Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt;
 ▼▼▼ = starke Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt.

2.3 Folgen körperlicher Inaktivität

Während körperliche Aktivität mit zahlreichen positiven Einflüssen auf die Gesundheit einhergeht, bewirkt körperliche Inaktivität das Gegenteil. Vermutungen zufolge sei körperliche Inaktivität weltweit für sieben Prozent der Diabetes Typ 2 Erkrankungen, zehn Prozent der Brustkrebs- sowie zehn Prozent der Darmkrebserkrankungen verantwortlich (Lee et al., 2012, S. 219). Fraglich ist, ob Brustkrebserkrankungen lediglich auf den Bewegungsmangel zurückzuführen sind. Die Forschung führt auf, dass regelmäßiges Training biologische Vorgänge im Körper beeinflusst, die ebenso bei der Krebsbildung relevant sind. Hierunter fällt unter anderem der Einfluss auf Sexualhormone. Das weibliche Geschlechtshormon Östrogen ist hierbei von besonderer Relevanz, da dieses das Wachstum von Tumorzellen begünstigen kann (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2019, o.S.). Liegt mehr Fettgewebe vor, werden mehr Sexualhormone produziert und die Hormonaktivität steigt. Demnach heißt es, dass Frauen bei längerem Einfluss von Sexualhormonen ein höheres Risiko für Brust- und Gebärmutterhalskrebs aufweisen. Folglich spielt hier Übergewicht eine bedeutende Rolle (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2019, o.S.). Körperliche Aktivität schützt allerdings nur bedingt vor der Entstehung von Brustkrebs, denn der Schutz sinkt mit

Zunahme des Body-Mass-Index (BMI). So birgt ein BMI von über 30 ein doppelt so hohes Brustkrebsrisiko im Vergleich zu Normalgewichtigen (Groenewold, 2009, o.S.). Folglich kann gesagt werden, dass körperliche Aktivität nicht als einziger Indikator für die Risikominderung einer Brustkrebserkrankung betrachtet werden sollte, sondern sowohl die Ernährung als auch die daraus resultierende Gewichtszunahme eine besondere Beachtung gilt.

Seit dem Jahr 1985 wurde in über 70 Studien der Zusammenhang von Bewegung und einem geringeren Brustkrebsrisiko untersucht. Der Großteil dieser Studien bestätigte, dass dieser Zusammenhang besteht. So ist ein um 25 Prozent geringeres Brustkrebsrisiko bei äußerst aktiven Frauen vorhanden, als bei jenen mit geringer Aktivität (Steindorf, Schmidt & Ulrich, 2011, S. 11). Es werden Unterschiede in den Lebensphasen der Frau vermutet. Nach der Menopause sei körperliche Aktivität von höherer Bedeutung als vor der Menopause. Auch hier gilt der durch den Körperfettanteil bedingte Hormonspiegel als ausschlaggebend (Steindorf et al., 2011, S. 12). In Tabelle 2 ist eine Übersicht über die epidemiologische Evidenz der primärpräventiven Effekte von Bewegung auf das Krebsrisiko aufgelistet.

Tabelle 2: Auswirkungen von Bewegung auf verschiedene Krebsarten (Quelle: Steindorf, Schmidt & Ulrich, 2011, S. 12)

Tumorart	Klassifikation	Mittlere relative Risiko-reduktion
Darmkrebs	Kolon: überzeugend verringertes Risiko Rektum: vermutlich kein Zusammenhang	Kolon: 20–30% Rektum: –
Brustkrebs	Prämenopausal: vermutlich verringertes Risiko Postmenopausal: wahrscheinlich verringertes Risiko	Prämenopausal: 10–20% Postmenopausal: 20–30%
Endometriumkrebs	Wahrscheinlich verringertes Risiko	20–30%
Prostatakrebs	Vermutlich verringertes Risiko	10–20%
Lungenkrebs	Vermutlich verringertes Risiko	10–30%
Pankreaskrebs	Vermutlich verringertes Risiko	20–30%
Andere Tumorarten	Keine ausreichende Studienbasis für Klassifizierung	

Körperliche Inaktivität begünstigt nicht nur die Entstehung verschiedener Krebsarten, sondern auch ursächlich für eine erhöhte Mortalitätsrate. So sei Bewegungsmangel für neun Prozent (5,3 Millionen) der 57 Millionen Tode im Jahr 2008 verantwortlich gewesen (Lee et al., 2012, S. 219). Die Anzahl der Tode kann jedoch jährlich um mehr als 533.000, beziehungsweise 1,3 Millionen reduziert werden, wenn die Inaktivität um 10 Prozent oder 25

Prozent gesenkt wird (Lee et al., 2012, S. 219). Innerhalb der Europäischen Union sind 4,2 bis 19,2 Prozent aller Todesfälle auf den Bewegungsmangel zurückzuführen. Für Deutschland liegt der Anteil bei 7,5 Prozent und weltweit bei sechs Prozent (Gabrys, 2017, S. 70). Der WHO zufolge erhöht unzureichende Bewegung das Mortalitätsrisiko um 20 bis 30 Prozent, verglichen mit körperlich aktiven Menschen (WHO, 2018).

Während regelmäßige körperliche Aktivität zu einem Muskelaufbau führt, bewirkt mangelnde körperliche Aktivität einen Abbau der Skelettmuskulatur und schränkt infolgedessen die Mobilität ein (Mensink, 2003, S. 4). Außerdem erhöht sich das Risiko altersbedingter Stürze. Dies stellt vor allem für Ältere Menschen eine Gefahr dar (Rütten et al., 2005). Darüber hinaus steigt die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer Arthrose und Osteoporose (Scriba & Schwartz, 2004, S. 158). Die Entstehung nichtübertragbarer Erkrankungen wird zudem durch langanhaltendes Sitzen begünstigt. Einer Schätzung zufolge steigt so das Risiko allgemeiner Sterblichkeit bei Erwachsenen mit jeder Stunde sitzender Tätigkeit am Tag um zwei Prozent (Finger et al., 2017, S. 29).

Abbildung 1 verdeutlicht das relative Gesamtmortalitätsrisiko in Relation zur Dauer der körperlichen Aktivität pro Woche. Hierbei wird ersichtlich, dass vor allem intensive Bewegung respektive Sport mit dem geringsten relativen Risiko verbunden ist, wenn die Dauer der Aktivität 300 Minuten umfasst. Anhand der Abbildung lässt sich ableiten, dass das relative Gesamtmortalitätsrisiko mit steigender Intensität und Dauer der Aktivität sinkt.

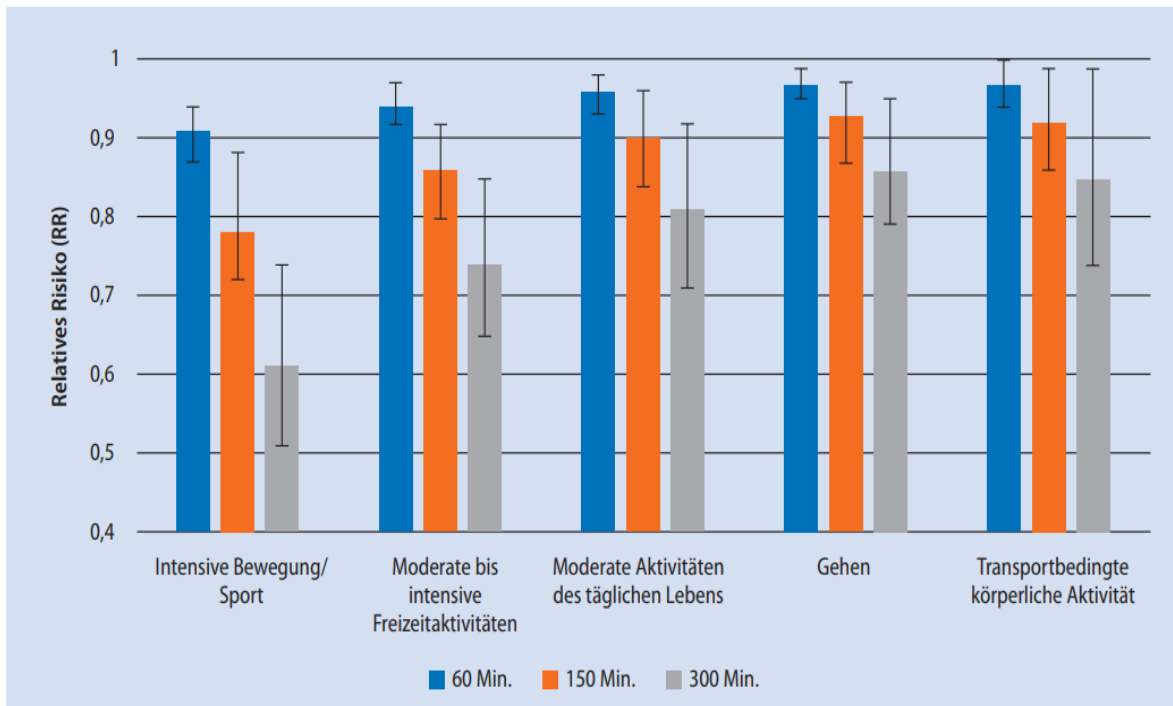


Abbildung 1: Relatives Gesamtmortalitätsrisiko nach unterschiedlicher Dauer körperlicher Aktivität und Intensitäten (Quelle: Gabrys, 2017, S. 69)

Der Mangel an körperlicher Aktivität ist in Ländern mit hohem Einkommen größer als in Ländern mit geringem Einkommen. So waren im Jahr 2010 26 Prozent der Männer und 35 Prozent der Frauen in wohlhabenden Ländern unzureichend aktiv. Dahingegen wiesen 12 Prozent der Männer und 24 Prozent der Frauen in ärmeren Ländern unzureichende körperliche Aktivität auf. Weltweit waren 81 Prozent der 11- bis 17-Jährigen unzureichend körperlich aktiv, davon Mädchen weniger als Jungen (WHO, 2018). Das bewegungsarme Verhalten ist vor allem dem Freizeit- und Sitzverhalten bei der Arbeit und zu Hause zuzuschreiben. Urbanisierung und das daraus resultierende Defizit an Park- und Sportanlagen begünstigen zusätzlich den Aktivitätsmangel (WHO, 2018).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass körperliche Inaktivität die Lebenserwartung maßgeblich negativ beeinflusst und zahlreiche gesundheitliche Risiken birgt. Die sogenannten Wearables können hilfreich sein, um die körperliche Aktivität zu fördern. Eine Studie der Fresenius Hochschule mit 512 Teilnehmenden kam zu dem Ergebnis, dass Wearables zu einem gesundheitsförderlichen Gesundheitsverhalten und mehr Motivation für Sport beitragen können (Theyke et al., 2017, S. 1-3). Anknüpfend an die Empfehlungen der WHO wird daher genauer auf ebendiese Technologien eingegangen und deren Funktionsweise erläutert.

2.4 Aktuelle Lage körperlicher Aktivität

Bewegungsmangel birgt zahlreiche gesundheitliche Risiken und wird zu einem immer größer werdenden Problem. Eine Bewegungsstudie der Techniker Krankenkasse zeigte, dass sich zwei Drittel der Befragten weniger als eine Stunde am Tag bewegen (siehe Abbildung 2).

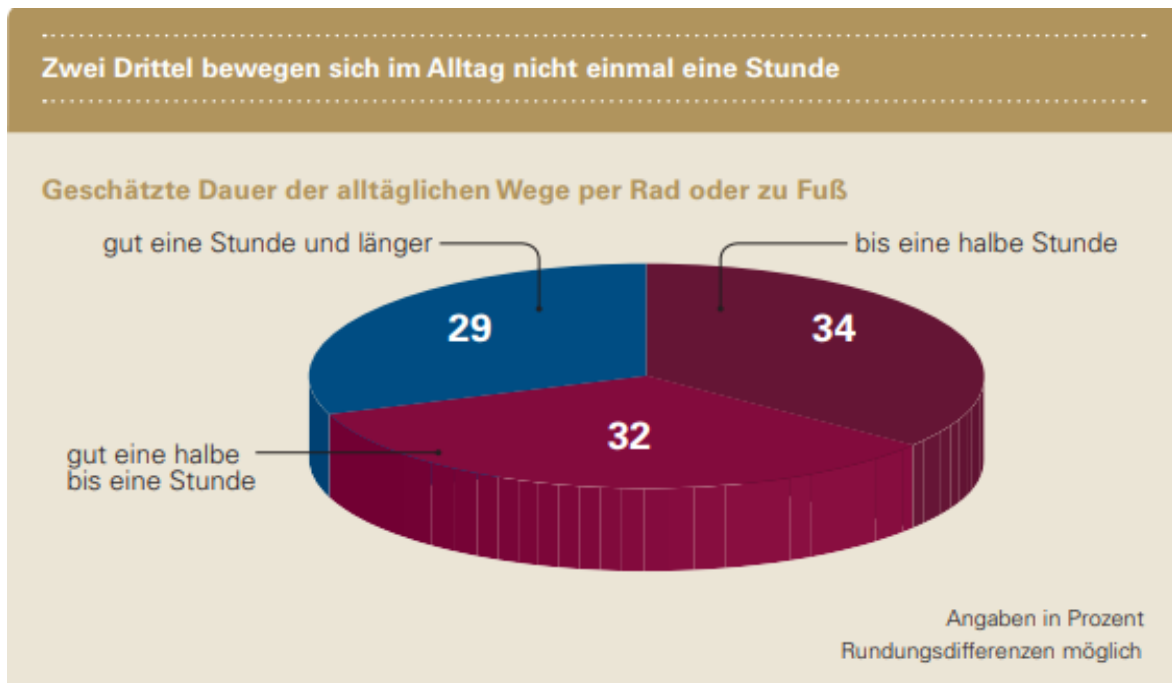
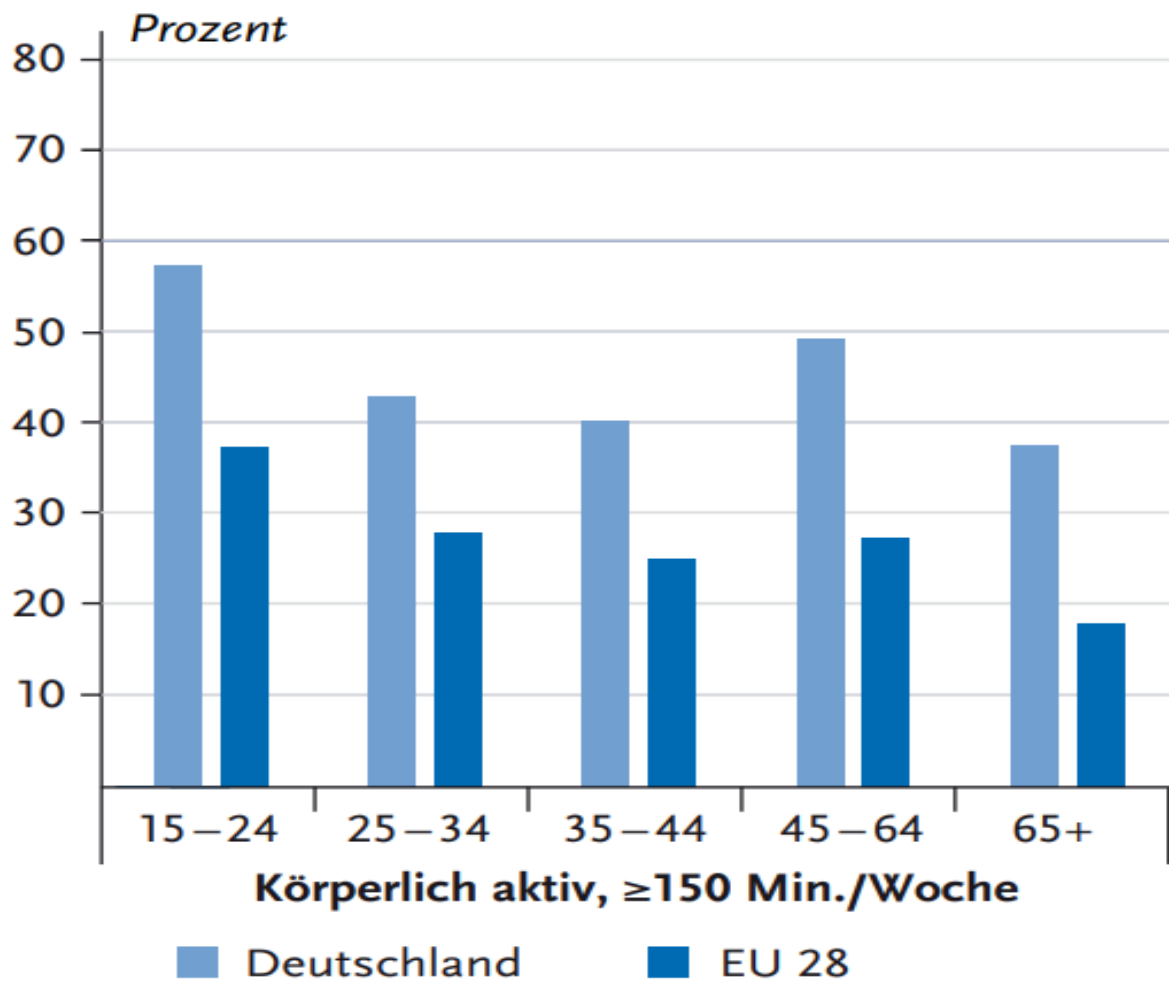


Abbildung 2: Bewegungsdauer im Alltag (Quelle: TK-Bewegungsstudie 2016, S. 15)

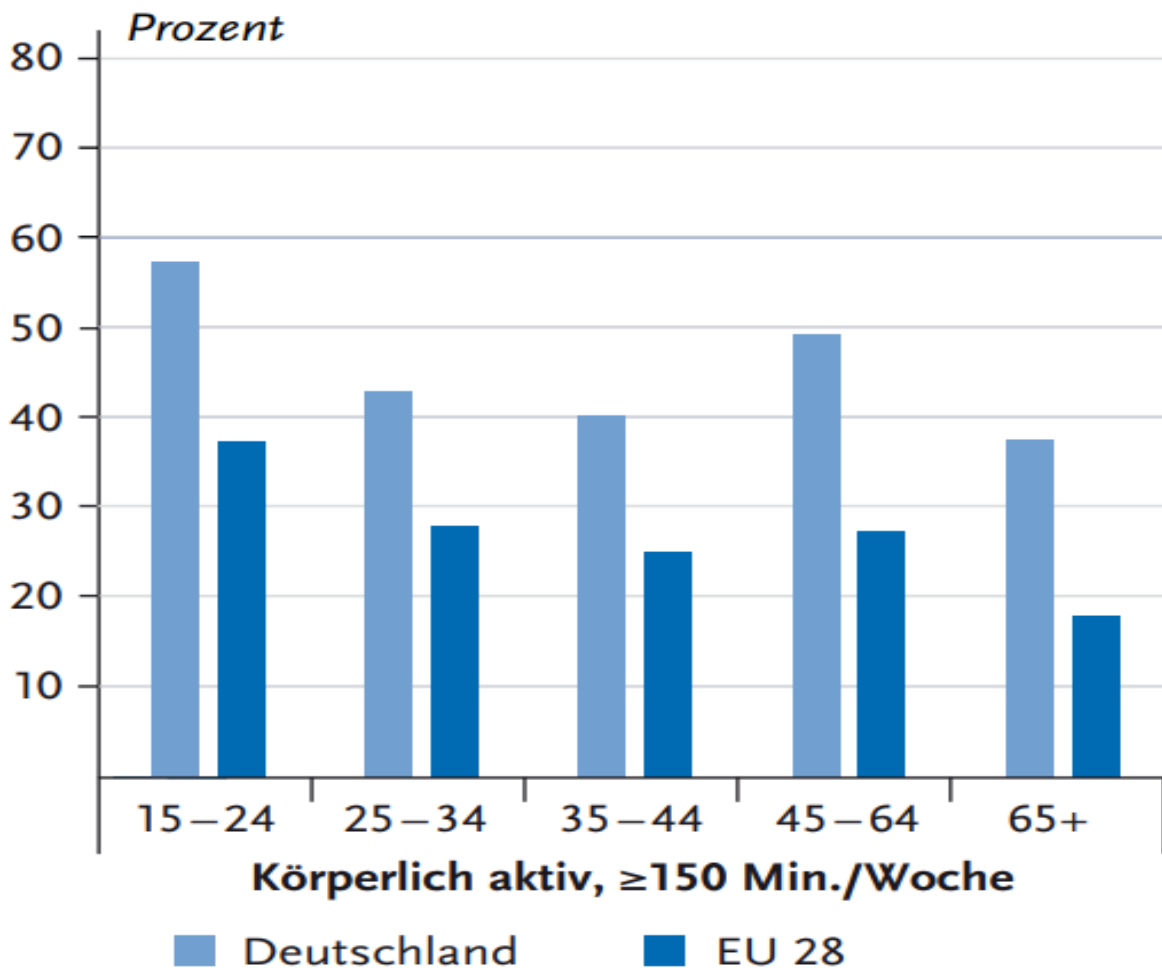
Des Weiteren wurde im Zuge der Befragungsstudie GEDA (Gesundheit in Deutschland aktuell) festgestellt, dass etwa 47,5 Prozent der Frauen und 47 Prozent der Männer zwischen 18 bis 64 Jahren überwiegend im Sitzen oder stehend arbeiten (Finger et al., 2017, S. 30). Um die Auswirkungen körperlicher Inaktivität auszugleichen, ist ein hohes Freizeitaktivitätsniveau notwendig. Aus der europäischen Gesundheitsumfrage geht hervor, dass nur ein geringer Anteil der Frauen und Männer die WHO-Empfehlung von 150 Minuten moderater Ausdaueraktivität pro Woche erfüllen. Demnach erreichen im EU-Durchschnitt lediglich 26,2 Prozent der Frauen und 35,7 Prozent der Männer diese Empfehlung (Lange & Finger, 2017, S. 11). Die Prävalenz liegt bei den Deutschen mit 45,5 Prozent bei den Frauen und 51,2 Prozent bei den Männern über dem EU-Durchschnitt. Die Abbildungen 3 und 4 veranschaulichen, dass insbesondere Personen im Alter von 15 bis 24 Jahren die 150 Minuten pro Woche erreichen, die Ausübung von Ausdaueraktivitäten jedoch mit zunehmendem Alter abnimmt. Bei den deutschen Männern ist dagegen ein leichter Anstieg ab 65 Jahren im Vergleich zur Gruppe der 45- bis 64-Jährigen erkennbar. Bei den Frauen ist dieser

Anstieg bei der Altersgruppe der 45- bis 64-Jährigen zu verzeichnen. Hier liegt die Prävalenz über der der Altersgruppen von 25 bis 44. Insgesamt verdeutlichen die Daten, dass Deutschland in allen Altersgruppen über dem EU-Durchschnitt liegt.



EU 28 = 28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union

Abbildung 3: Prävalenz körperlicher Aktivität nach Alter (Männer) (Quelle: Lange & Finger, 2017, S. 12)



EU 28 = 28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union

Abbildung 4: Prävalenz körperlicher Aktivität nach Alter (Frauen) (Quelle: Lange & Finger, 2017, S. 12)

2.5 Empfehlungen

Die WHO empfiehlt für Erwachsene zwischen 18 bis 64 Jahren mindestens 150 Minuten mäßig anstrengende körperliche Aktivität oder mindestens 75 Minuten körperliche Aktivität mit höherer Intensität pro Woche. Auch ist eine Kombination aus beiden Intensitäten möglich. Außerdem wird für weitere gesundheitliche Effekte eine moderate körperliche Aktivität von 300 Minuten pro Woche empfohlen. Gleiches gilt für Menschen über 64 Jahren. Menschen mit unzureichender Mobilität in dieser Altersgruppe sollten zudem mindestens drei Tage in der Woche den Fokus auf Mobilitätsübungen legen, um Stürze vorzubeugen. Für Erwachsene gilt zusätzlich an mindestens Tagen in der Woche eine muskelkräftigende körperliche Aktivität als empfehlenswert (WHO, 2018).

2.6 Definition Wearables

Als Wearables, Smart Clothes oder auch Wearable Computing, werden am Körper tragbare Technologien in Form von Uhren, Brillen, Handschuhen und weiterer Formen bezeichnet, die bei bewegenden Tätigkeiten unterstützend wirken und den Menschen in keiner Weise beeinträchtigen sollen (Seyrkammer, 2015, S. 15). Diese mobilen Computersysteme dienen der Messung und Verarbeitung von gesundheitsrelevanten Daten und sollen die Nutzer und Nutzerinnen über den Tag begleiten (Goldhammer, 2016, S. 4). Besonders Interesse gilt in dieser Arbeit den Aktivitäts- oder Fitness Trackern, welche Schritte, Schlafverhalten, Herzschlagfrequenz sowie Kalorien erfassen können und vorrangig den Nutzern und Nutzerinnen zu einem gesünderen Bewegungsverhalten und Lebensstil verhelfen sollen (Seyrkammer, 2015, S. 17). Die erfassten Daten werden zumeist in einer Smartphone-App gespeichert und ausgewertet, sodass ein umfassender Überblick über die Gesundheitsdaten möglich wird. Außerdem besitzen zahlreiche Tracker eine Erinnerungsfunktion, die die Nutzer und Nutzerinnen nach längerer Sitzdauer informiert, sich wieder zu bewegen (Lutter, Meinecke & Tropf, 2017, S. 40). Im Folgenden wird die Funktionsweise dieser Geräte erläutert.

2.6.1 Funktionsweise von Fitness Trackern

Fitness-Tracker sind am Handgelenk tragbare Geräte, die Gesundheitsdaten aufzeichnen und wie ein Armband getragen werden. In dieser Arbeit werden vorrangig die Schrittzahl und die Herzschlagfrequenz betrachtet und im Folgenden auf deren Funktionsweise genauer eingegangen.

Schrittzähler

Fitness Tracker ermitteln Bewegungen mit Hilfe von Bewegungssensoren, die in jedem Tracker verbaut sind. Dabei befinden sich in den meisten Geräten ein Beschleunigungssensor und ein Gyroskop-Sensor in den meisten Geräten. Beschleunigungssensoren ermitteln lineare Bewegungen in drei Bewegungsebenen, während Gyroskop-Sensoren Rotationsbewegungen erfassen und damit die auf den Körper wirkende Kraft ermitteln (Fitness Tracker Test, 2018, o.S.). Durch die beiden Sensoren wird dann eine vollständige Beschreibung der Bewegungen möglich. Die aufgezeichneten Werte können daraufhin als Kurven dargestellt werden, die unterschiedlich große Ausschläge aufweisen. Anhand dieser Ausschläge lässt sich ermitteln, ob es sich um eine schnelle oder langsame Bewegung handelt (Fitness Tracker Test, 2018, o.S.). Geringe Ausschläge deuten auf eine ruhige Bewegung, die beispielsweise beim Gehen vorkommt (siehe Abbildung 5).

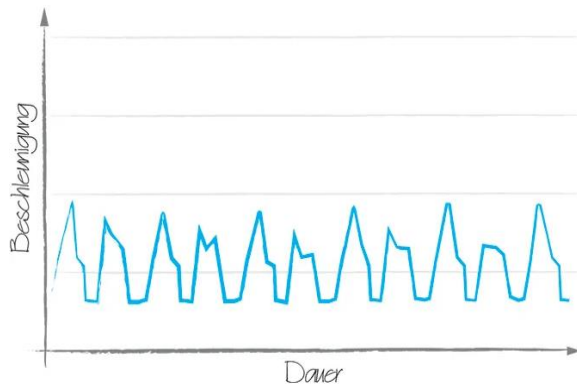


Abbildung 5: Ausschläge beim Gehen
(Quelle: Fitness Tracker Test, 2018, o.S.)

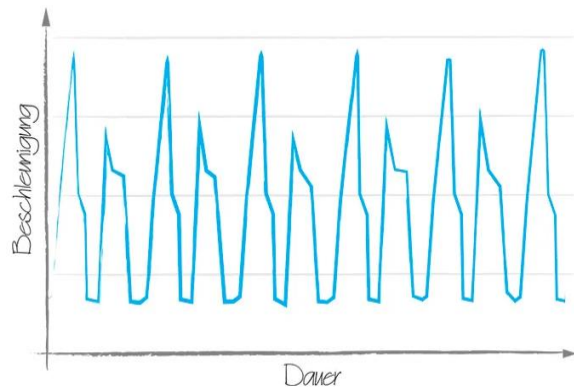


Abbildung 6: Ausschläge beim Joggen
(Quelle: Fitness Tracker Test, 2018, o.S.)

Große Ausschläge hingegen deuten auf eine schnellere Bewegung (siehe Abbildung 6), die beispielsweise dem Beschleunigungsprofil beim Joggen entspricht (Fitness Tracker Test, 2018, o.S.).

Durch verschiedene Algorithmen der Hersteller kann überprüft werden, ob es sich bei der Beschleunigung um einen Schritt oder eine andere Bewegung handelt. Damit ein Schritt als solcher erkannt wird, muss die durch die Bewegung erzeugte Beschleunigung einen festgelegten Schwellenwert überschreiten, der sich anhand der angegebenen Körpermerkmale (Geschlecht, Alter, Körpergewicht und Körpergröße) individuell berechnet. Überschreitet die Beschleunigung diesen Schwellenwert, wird die Bewegung als Schritt erfasst (Bulut, 2015, S. 18). Während preisgünstige Modelle oft nicht zuverlässig zwischen Handbewegungen und Schritten unterscheiden können, sind teurere Modelle in der Lage nur dann Schritte zu zählen, wenn tatsächlich welche zurückgelegt worden sind (Fitness Tracker Test, 2018, o.S.).

Messung der Puls- und Herzfrequenz

Die Pulsfrequenz wird durch optische Sensoren erfasst, die sich an der Innenseite des Armbandes befinden. Mittels unterschiedlicher Lichtimpulse, die ausgesendet und empfangen werden, kann die Blutmenge unter der Haut und dadurch die Herzschlagfrequenz ermittelt werden (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.) Dabei dringt das ausgesendete grüne Licht in die Haut ein und erreicht die Blutgefäße der oberen Hautschichten, welche einen Teil des auftreffenden Lichts reflektieren (siehe Abb. 7). Dieser Prozess wird daraufhin von einem weiteren am Armband befindlichen Sensor registriert (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.).

Die Kontraktion des Herzmuskels, die Systole, führt zu einem erhöhten Blutfluss in den Blutgefäßen und resultiert mit einer Erweiterung des Gefäßdurchmessers. Die Diastole ist

die Entspannungsphase des Herzmuskels, in der das Blut wieder zum Herzen zurückfließt. Infolgedessen sinkt der Blutdruck in den Gefäßen und der Gefäßdurchmesser reduziert sich (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.). Fitness Tracker sind mit grünen LED Lichtern ausgestattet. Grünes sowie blaues Licht werden vom Blut absorbiert. Je höher die Blutmenge, desto höher ist der Anteil an absorbiertem grünen und blauen Licht. Anhand dieser Vorgänge in den Blutgefäßen, schließen die Sensoren der Tracker mit Hilfe des reflektierten Anteiles des grünen Lichtes, auf die die Systole oder Diastole. Demnach deutet ein geringer Grünanteil auf die Systole und ein höherer Grünanteil auf die Diastole (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.).

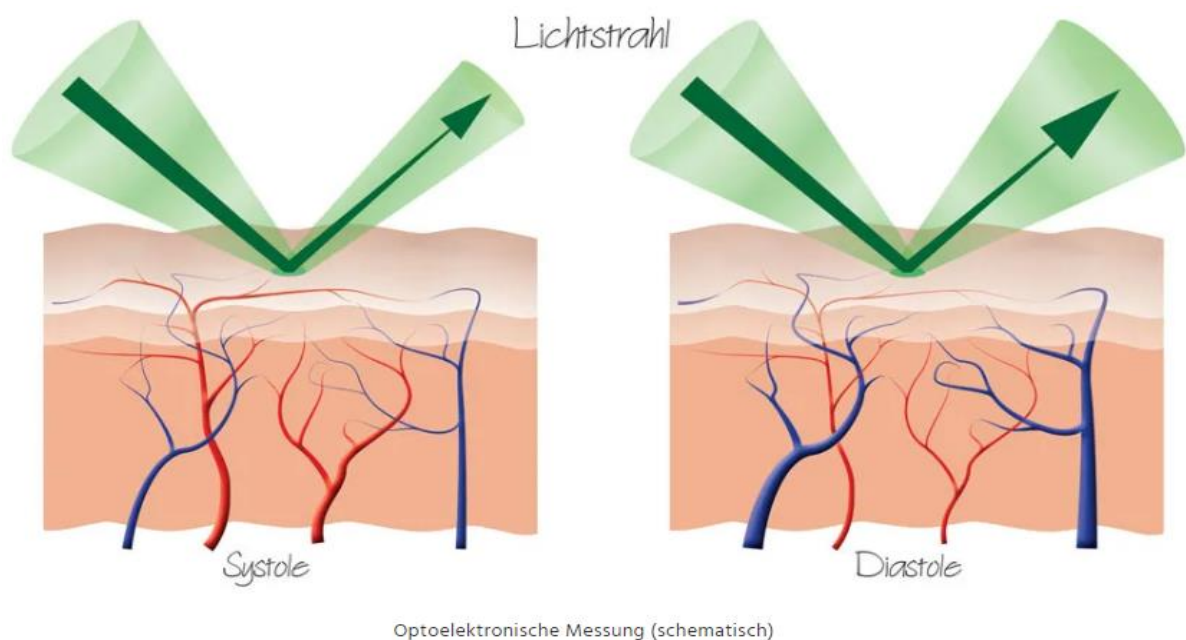


Abbildung 7: Funktionsweise Erfassung der Pulsfrequenz mit LED Licht (Quelle: Fitness Tracker Test, o.J., o.S.)

Die Genauigkeit der Messung kann durch mehrere Faktoren negativ beeinflusst werden. Dazu zählen starke Körperbehaarung, gebräunte Haut, Tattoos und Narben sowie ein ungenauer Sitz des Armbandes (Fitness Tracker Test, o.J., o.S.). Des Weiteren ist die Präzision unter anderem von der Farbe der LED Lichter abhängig. So sind grüne LED Lichter ungenauer als Rote. Dahingegen sind grüne LED energiesparender und kostengünstiger. Eine Kombination aus grünen und roten sowie eine größere Anzahl an LEDs begünstigen eine bessere Genauigkeit (Ricchio, Lyter-Antonneau & Palao, 2018, S. 58).

2.6.2 Absatz und Umsatz von Fitness Trackern

Fitness Tracker etablieren sich immer mehr auf dem Markt und die Anzahl an verkauften Geräten nimmt weiterhin zu. Abbildung 8 zeigt, dass im Jahr 2017 ein Absatz von 1,55 Millionen Fitness Trackern in Deutschland zu erwarten war und die Anzahl seit 2015 fortlaufend gestiegen ist. Dies entspricht im Vergleich zum Jahr 2014 einem Plus von 13 Prozent, so der Digitalverband Bitkom (2015). Bitkom prognostizierte für 2015 einen Umsatz von 70,83 Millionen Euro durch Fitness Tracker und rechnete mit 1,07 Millionen verkauften Geräten (Klöß, 2015, o.S.). Abbildung 9 zeigt, dass der Umsatz mit 80,62 Millionen Euro über der Prognose lag. Dies entspricht im Vergleich zum Jahr 2014 einem Plus von 13 Prozent (Lutter et al., 2017, S. 40). Für das Jahr 2017 war ein Umsatz von 142,74 Millionen Euro zu erwarten. Zahlen für das Jahr 2018 liegen diesbezüglich nicht vor.

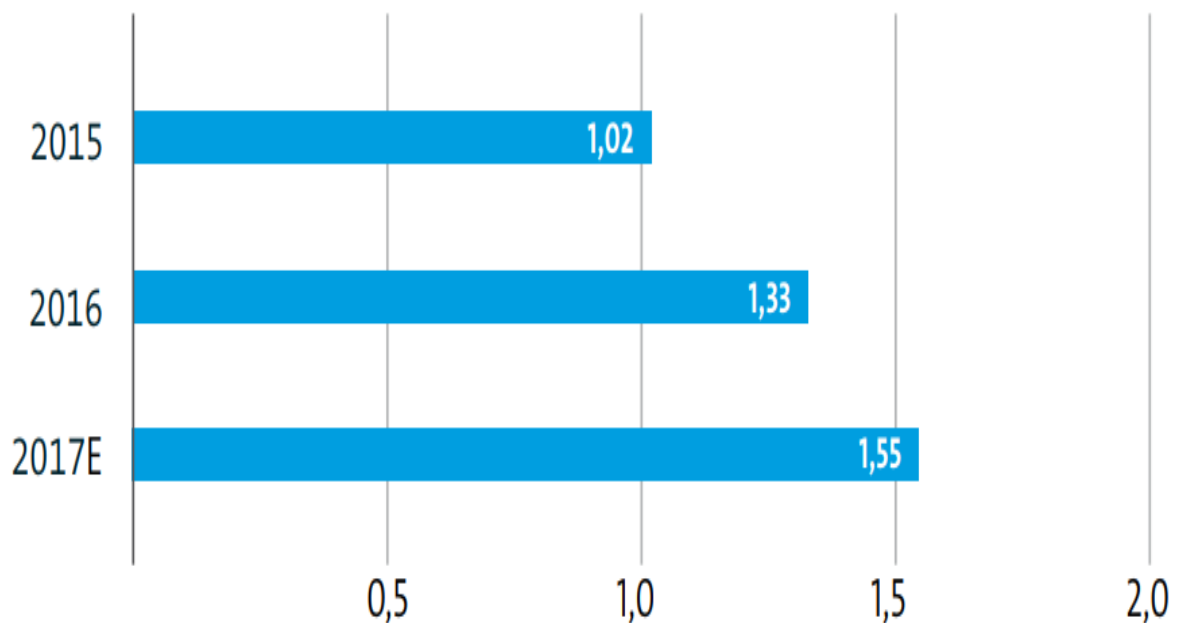


Abbildung 8: Absatz von Fitness-Trackern in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2017 (in Millionen) (Quelle: Lutter, Meinecke & Tropf, 2017, S. 40)

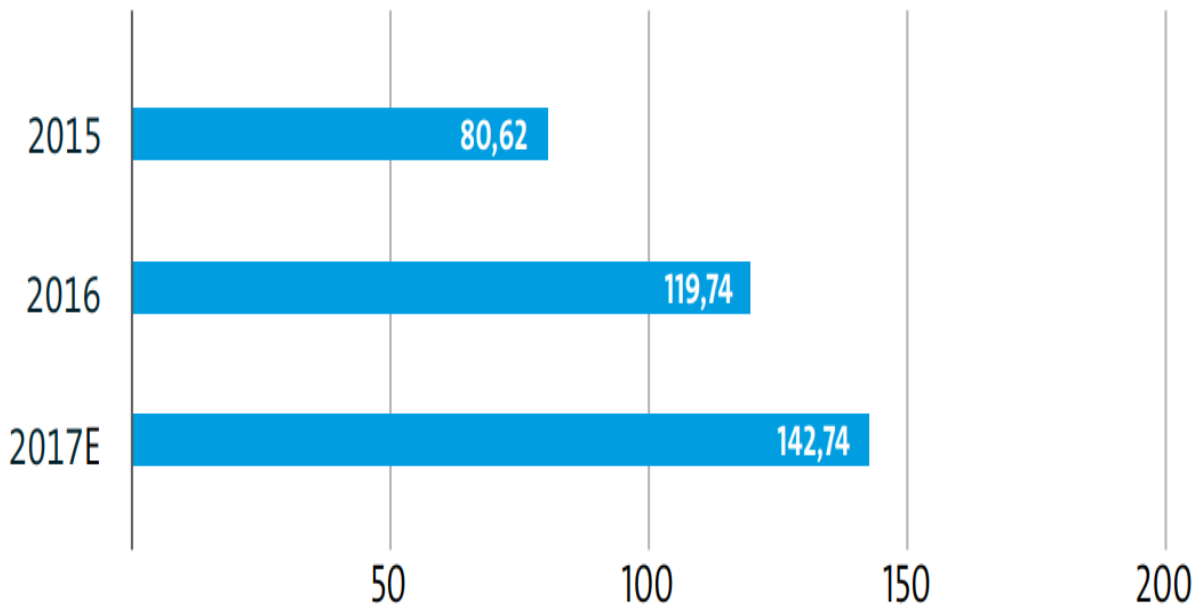


Abbildung 9: Umsatzentwicklung von Fitness Trackern in Deutschland 2015 bis 2017 (in Millionen) (Quelle: Lutter, Meinecke & Tropf, 2017, S. 40)

Prognosen zufolge soll der Absatz von Fitness Trackern weltweit bis 2022 kontinuierlich steigen und ein Hoch von 51,73 Millionen erreichen (siehe Abbildung 10).

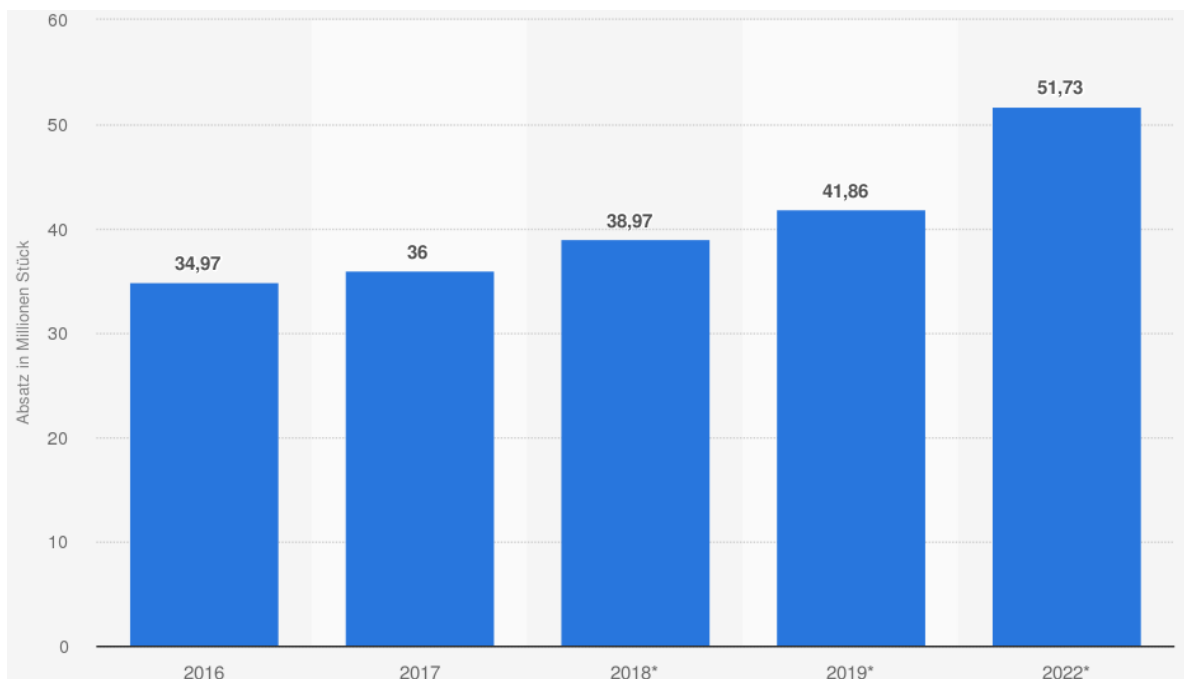


Abbildung 10: Weltweite Prognose zum Absatz von Fitness Trackern von 2016 bis 2022 (in Millionen) (Quelle: Gartner 2018, zit. nach Statista, 2019)

2.7 Aktueller Forschungsstand zur Messgenauigkeit von Fitness Trackern

Zahlreiche Studien untersuchten bereits die Genauigkeit von Fitness Trackern hinsichtlich Schrittzählung und Herzfrequenzmessung. Es lagen keine Studien vor, die sich mit der Genauigkeit der hier verwendeten Tracker befassen. Daher werden im Folgenden die Ergebnisse aus Studien dargestellt, die unterschiedliche am Handgelenk getragene Fitness Tracker hinsichtlich der Schrittzahl und Herzfrequenz evaluierten.

In einem Artikel von Bunn et al. (2018) wurden die beliebtesten Fitness Tracker auf die Messgenauigkeit von Schrittzählung, Herzschlagfrequenz und weiteren Parametern untersucht. Darunter fallen die Marken Fitbit, Garmin, TomTom und weitere. Die Zusammenfassung basiert auf den Ergebnissen zehn unterschiedlicher Studien, in denen Fitness Tracker bereits untersucht worden sind. Hier konnte festgestellt werden, dass Fitness Tracker bei geringer Geschwindigkeit und im Freileben (Wandern, langsames Gehen) weniger Schritte zählen, die Genauigkeit dagegen mit zunehmender Geschwindigkeit steigt (Bunn et al., 2018, S. 503). Außerdem tendierten sämtliche am Handgelenk getragenen Geräte dazu, die Herzschlagfrequenz zu unterschätzen. Auffällig war, dass die Fehlerrate bei zunehmender Intensität der Aktivitäten und stärkeren Armbewegungen zunahm. In Ruhe und bei Übungen auf dem Fahrradergometer war die Herzfrequenzmessung genauer als auf dem Laufband oder dem Crosstrainer (Bunn et al., 2018, S. 503). Eines der untersuchten Fitbit Modelle war die Fitbit Charge HR, welcher in vielen Studien eine gute Validität für die Herzfrequenzmessung zugeschrieben wurde. Die Validität des Schrittzählers liegt allerdings unter jener, die für die Herzfrequenz ermittelt wurde. Zudem zeigten die Fitbit Flex und Fitbit Zip mittlere absolute Abweichungen, die die akzeptable Grenze von fünf bis zehn Prozent überschritten. Insgesamt kommen die Forscher und Forscherinnen anhand der zusammengefassten Informationen zu dem Resultat, dass sich Fitbit Geräte für die Schrittzählung als ungeeignet, dafür aber als valide für die Herzfrequenzmessung erweisen (Bunn et al., 2018, S. 511). Die Ergebnisse einer weiteren Studie widersprechen der Schlussfolgerung, dass Fitbit Geräte für die Schrittzählung nicht geeignet seien. In der Studie konnte ebenfalls der Zusammenhang höherer Messgenauigkeit von Schritten bei höheren Geschwindigkeiten nachgewiesen werden. So waren die Fitness Tracker Fitbit Flex und Fitbit Charge bei einer Gehgeschwindigkeit bis 8 km/h ungenauer als die Jawbone, dafür aber präziser bei Geschwindigkeiten von 10 km/h und 12 km/h. Die Schrittzahlabweichungen lagen aber bei allen Geräten unter zwei Prozent, sodass diesen entgegen der Ergebnisse von Bunn et al. (2018), eine hohe Genauigkeit zugeschrieben werden kann (Chow et al., 2017, S. 201).

Daher lässt sich nicht eindeutig klären, ob Fitbit Geräte Schwierigkeiten bei der Schrittzählung aufweisen,

Weitere Studien evaluierten zudem die Garmin Vivofit und stufte diese hinsichtlich Schrittzählung als valide ein. Auch zeigte eine Untersuchung, die sich insbesondere auf die Schrittzählung der Garmin vivosmart fokussierte, dass diese bei den meisten Gehgeschwindigkeiten die Schrittzahl genau wiedergibt (Bunn et al., 2018, S. 512). Ob die in dieser Arbeit zu untersuchende dritte Generation der vivosmart in ihrer Schrittzählung ebenso exakt ist, wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die für diese Arbeit verwendeten Geräte weisen ein unterschiedliches Preisniveau auf. Daher wird der Preis berücksichtigt sowie untersucht, ob dieser einen Faktor darstellt, der die Qualität der Messung beeinflusst. Im Zuge dieser Annahme untersuchten El-Amrawy und Nounou (2015), ob Unterschiede in der Messgenauigkeit von Fitness Trackern unter Einbeziehung des Preises festzustellen sind. Hierfür gingen die Teilnehmenden 40 Mal 200, 500 und 1000 Schritte pro Setting. Unter den getesteten Fitness Trackern waren unter anderem die Garmin Vivofit, die Fitbit Flex und das Mi Band. Die Forscher und Forscherinnen bestätigten, dass alle Tracker durch eine hohe Genauigkeit bei der Schrittzählung und Herzfrequenzmessung überzeugen, und ein Teil der Geräte mehr als 15 Prozent, jedoch keines der Geräte eine höhere Abweichung als 20 Prozent vom beobachteten Wert aufwies. Demnach bestanden lediglich geringe Unterschiede in der Genauigkeit trotz hoher Preisunterschiede unter den Geräten. Außerdem waren keine Unterschiede in der Genauigkeit hinsichtlich der Schrittzahl feststellbar (El-Amrawy & Nounou, 2015, S. 318 f.). Dieses Ergebnis ermittelte ebenfalls eine weitere Studie von Ricchio et al. (2018), die die Reliabilität von preislich unterschiedlichen Fitness Trackern analysierten. Ebenso konnten hier sämtliche Tracker trotz deutlicher Preisunterschiede mit einer hohen Genauigkeit in der Erfassung der Schrittzahl überzeugen. Zudem lagen bei günstigeren Geräten ähnliche oder geringere Messfehler vor als bei höherpreisigen Geräten (Ricchio et al., 2018, S. 61 f.). Bei der Herzfrequenzmessung wiesen die Geräte geringere Werte auf und zählten 10 bis 15 Schläge weniger als der Brustgurt auf. Als Grund für die fehlerhaften Messungen nennen die Forscher und Forscherinnen das Verrutschen des Trackers während der Datenerhebung. Die Genauigkeit war beim Gehen höher als beim Joggen, da aufgrund der schnelleren Armbewegungen größere Fehler entstehen. Ein weiterer Faktor, der die höhere Genauigkeit beim Gehen begünstigte, war die Kleidung. Die Teilnehmenden trugen einen Mantel und Handschuhe beim Gehen, sodass die Tracker nicht verrutschten. In Bezug auf den Preis wurden konnten auch hier keine Unterschiede in der Messgenauigkeit festgestellt werden (Ricchio et al., 2018, S. 62).

Die bisher aufgeführten Studien deuten darauf, dass die Genauigkeit von Fitness Trackern insbesondere durch die Geschwindigkeit beeinflusst werden kann. Eine Studie mit 31 Probanden und Probandinnen, davon 16 Männer und 15 Frauen, stützt diese Annahme. In dieser Studie wurden die Validität und Reliabilität von zehn Aktivitäts-Trackern in Abhängigkeit von verschiedenen Gehgeschwindigkeiten untersucht. Zu den untersuchten Geräten gehören unter anderem die Garmin vivosmart und die Fitbit Charge HR. Festgelegt waren Geschwindigkeiten von 3,2 km/h, 4,8 km/h und 6,4 km/h. Als Goldstandard galt hier ein Handzähler. Insgesamt zeigten die Ergebnisse eine starke Abhängigkeit der Validität und Reliabilität von der Gehgeschwindigkeit auf. Bei der geringsten Geschwindigkeit von 3,2 km/h können die Tracker Beschleunigungen nur bedingt erkennen. Aufgrund der zu geringen und ungewohnten Geschwindigkeit hatten die Probanden und Probandinnen Schwierigkeiten, sich natürlich zu bewegen. Dies resultierte trotz gleicher Distanz und Geschwindigkeit mit unterschiedlichen Schrittzahlen zwischen den Einheiten und beeinflusste die Validität negativ. Die Garmin vivosmart wies bei 3,2 und 4,8 km/h die geringsten Abweichungen von allen Geräten auf (Fokkema et al., 2017, S. 797 f.). Auch kommen die Forscher und Forscherinnen zu dem Ergebnis, dass die meisten Tracker die Schrittzahl bei allen Geschwindigkeiten unterschätzen. Die Garmin vivosmart und die Fitbit Charge HR zeigten aber speziell bei 3,2 km/h die optimalste Retest-Reliabilität und Validität verglichen mit den anderen Trackern. Bei einer Geschwindigkeit von 4,8 km/h fielen die meisten Geräte mit einer deutlichen Verbesserung hinsichtlich der Validität im Vergleich zur Geschwindigkeit von 3,2 km/h auf und zeigten insgesamt akzeptable Werte (Fokkema et al., 2017, S. 799). Die meisten Geräte erbrachten die genauesten Ergebnisse bei einer Geschwindigkeit von 6,4 km/h. Dagegen hatten die Garmin vivosmart und die Fitbit Charge HR hier die geringste Validität. Dies lässt darauf schließen, dass diese Geräte bei geringeren Geschwindigkeiten genauer messen als bei höheren Geschwindigkeiten. Insgesamt schlussfolgern die Forscher und Forscherinnen auch hier, dass eine Erhöhung der Bewegungsgeschwindigkeit mit einer höheren Genauigkeit der meisten Fitness Tracker einhergeht (Fokkema et al., 2017, S. 799).

Weiterhin untersuchten Wahl et al. (2017) elf Fitness Tracker in Bezug auf die Schrittzählung. Dafür liefen die Teilnehmenden bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (4,3 bis 13 km/h) auf einem Laufband sowie im Freien bei 10,1 km/h und fünf Minuten bei wechselnden Geschwindigkeiten. Die Stichprobe bestand aus je zehn Männern und Frauen. Unter den Geräten waren mehrere Modelle von Garmin und Fitbit sowie das Xiaomi Mi Band. Die präzise Erfassung der Schrittzahl erfolgte durch ein sich auf dem Laufband befindliches System. Bei einer mittleren absoluten Abweichung von unter einem sowie unter drei Prozent, zeigten besonders die Geräte von Garmin und Fitbit bei allen Geschwindigkeiten eine

hohe Genauigkeit bei der Schrittzählung auf dem Laufband. Aus diesem Grund wurden diese als valide eingestuft (Wahl et al., 2017, S. 4). Ähnliche Ergebnisse waren beim Laufen im Freien bei konstanter Geschwindigkeit festzustellen. Die Differenz bei wechselnder Geschwindigkeit war unter den Geräten hingegen höher, wobei auch in diesem Setting die Geräte von Garmin und Fitbit am genauesten maßen. Insgesamt zählten alle Geräte weniger Schritte als tatsächlich zurückgelegt worden sind. Dafür sind vermutlich geringere Armbewegungen bei der Ausübung der jeweiligen Aktivität verantwortlich, so die Forscher und Forscherinnen. Zudem könnten die von den Herstellern adjustierten Algorithmen sowie die Empfindlichkeit des Beschleunigungssensors ursächlich für die Unterschätzung der Schrittzahl sein (Wahl et al., 2017, S. 4). Vergleichbare Ergebnisse bezüglich der Unterschätzung von Schrittzahlen bestätigt ein Review aus 22 Studien, in denen mehrere Fitness Tracker von Jawbone und Fitbit getestet worden sind. Beim Auftreten von Fehlmessungen war eine Unterschätzung und keine Überschätzung der Schrittzahl erkennbar. Dies kann sich vor allem bei langsameren Gehgeschwindigkeiten als problematisch erweisen, da wie bereits erwähnt, Fitness Tracker Schwierigkeiten bei der Erfassung von geringen Beschleunigungen aufweisen. Dennoch bestand eine hohe Validität und Reliabilität bei erfassten Schritten, insbesondere auf dem Laufband unter Laborbedingungen (Evenson, Goto & Furberg, 2015, S. 17).

Ein weiteres Review aus 67 Studien bekräftigt, dass Fitbit Geräte insgesamt eine akzeptable Genauigkeit bei der Schrittzählung aufweisen, diese jedoch tendenziell weniger Schritte unter kontrollierten Tests und zu viele Schritte im Alltag erfassen. Auch fiel den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen auf, dass Messfehler in der Schrittzählung von mehreren Faktoren abhängig sind. Einerseits vom Alter und dem Mobilitäts-Status der Probanden und Probandinnen, andererseits vom Körperteil, an dem sich das Gerät befindet. Die Genauigkeit kann erhöht werden, indem das Gerät beim Gehen am Oberkörper, beim Joggen am Handgelenk und beim langsamen Gehen direkt am Knöchel getragen wird (Feehan et al., 2018, o.S.).

Mehrere Studien berichten, dass Fitbit-Geräte im Vergleich zu reinen Schrittzählern, die durchschnittliche Anzahl an Schritten pro Tag überschätzen. Demnach variiert die Abweichung zwischen 700 und 1800 Schritten (Feehan et al, 2018, o.S.). Insgesamt deuten die Studien darauf, dass Fitbit Geräte zu ungefähr 50 Prozent der Zeit genaue Messergebnisse bei der Schrittzählung darstellen, im Ganzen aber dazu tendieren, weniger Schritte zu zählen (Feehan et al, 2018, o.S.). Damit bestätigt sich auch hier, dass Fitness Tracker, speziell Fitbit Geräte, die Schrittzahl unterschätzen.

Die Herzfrequenzmessung ist wie die Ermittlung der Schrittzahl eine ebenso wichtige Funktion von Fitness Trackern, die in dieser Arbeit untersucht werden soll. Im Zuge dessen,

untersuchten Studien nicht nur die Genauigkeit von Fitness Trackern bei der Schrittzählung, sondern auch bei der Herzschlagfrequenz. So betrachteten Shcherbina et al. (2017) in einer Studie die Genauigkeit von am Handgelenk getragenen, mit Sensoren ausgestatteten Geräten bei der Herzfrequenzmessung. Die 60 Teilnehmer und Teilnehmerinnen waren unterschiedlichen Alters, Fitness Zustandes, Gewichts sowie unterschiedlicher Hautfarbe und Körpergröße. Die Geräte wurden beim Gehen, Laufen und Fahrradfahren getragen.

Die Forscher und Forscherinnen stellten fest, dass Messfehler bei den verschiedenen Aktivitäten auftraten, diese jedoch so gering waren, dass sie im akzeptablen Bereich lagen. So zeigten sechs der sieben Geräte beim Fahrradfahren eine Fehlerrate von unter fünf Prozent. Dunkle Haut, ein höherer BMI sowie ein größerer Handgelenkumfang korrelierten mit größeren Fehlerraten bei der Messung der Herzschlagfrequenz (Shcherbina et al., 2017, S. 9 f.). Auffällig war, dass die Intensität der Aktivität sowie das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Fehleranfälligkeit der Herzfrequenzmessung hatte. So lag die Fehlerrate bei den Männern höher als bei den Frauen (Shcherbina et al., 2017, S. 9). Ebenfalls konnte festgestellt werden, dass beim Gehen die höchste Fehlerrate auftrat und diese mit Anstieg der Intensität innerhalb jeder Ausführungsart stieg (Shcherbina et al., 2017, S. 1 & 10). Da die Messfehler in allen Settings jedoch insgesamt gering waren, lässt sich aus dieser Studie ableiten, dass eine hohe Genauigkeit der Herzfrequenzmessung durch Fitness Tracker unter Laborbedingungen besteht.

Ebenfalls wurde in einer Studie von Xie et al. (2018) die Validität mehrerer Wearables, darunter das Xiaomi Mi Band 2, hinsichtlich verschiedener körperlicher Aktivitäten evaluiert. Die Forscher und Forscherinnen zeigten, dass die Geräte insgesamt zuverlässig Gesundheitsdaten wie die Herzfrequenz und die Schrittzahl aufzeichnen. Auffällig war, dass das Mi Band 2 besonders bei der Messung der Herzfrequenz ungenau war und verglichen mit den anderen Wearables am schlechtesten abschnitt (Xie et al., 2018, S. 5). Ob dies auch auf die nächste Generation, dem Mi Band 3, zutrifft, wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die bisher aufgeführten Studien nennen unter anderem die Geschwindigkeit als beeinflussenden Faktor für die Messgenauigkeit von Fitness Trackern. Die Genauigkeit scheint nicht nur durch diesen Faktor, sondern auch durch die Art der Aktivität beeinflusst zu werden, so das Ergebnis einer Studie von Jo et al. (2016). Ziel war es, die Validität von Fitness Trackern mit optischen Sensoren für die Herzfrequenzmessung zu beurteilen. Dafür wurden die Basis Peak und die Fitbit Charge HR verwendet. Die Basis Peak hatte insgesamt eine starke Korrelation mit dem Elektrokardiogramm (EKG). Die Werte der Fitbit Charge HR zeigten beim Gehen, Joggen und Laufen eine hohe Übereinstimmung mit dem (EKG). Die Genauigkeit war beim Fahrradfahren, bei Ausfallschritten und Armhebungen mit einem Gegengewicht jedoch schwach (Jo et al., 2016, S. 542 f.). Die Forscher und Forscherinnen kamen

zu dem Ergebnis, dass die Charge HR für die Messung der Herzschlagfrequenz in Ruhe, während der Erholung oder unter geringer physischer Anstrengung geeignet ist. Ungeeignet ist der Tracker für Aktivitäten mit zunehmender körperlicher Anstrengung sowie Aktivitäten mit anhaltenden Unterarmkontraktionen (Jo et al., 2016, S. 546). Weiterhin führten Gillinov et al. (2017) eine Studie zur Genauigkeit von fünf häufig verwendeten, mit optischen Sensoren ausgestatteten Wearables durch. Diese wurden unter vier verschiedenen Trainingsbedingungen getestet, die Laufband, stationäres Fahrrad, Crosstrainer mit und ohne Armhebel umfassten. Die Ergebnisse zeigten, dass Wearables mit optischen Sensoren ungenauer waren als mit Elektroden ausgestattete Brustgurte. Außerdem variierte auch hier die Genauigkeit je nach Art der Aktivität. Während alle Geräte in Ruhe gut abschnitten und gewisse Geräte bessere Ergebnisse auf dem Fahrrad und dem Crosstrainer ohne Armbewegung zeigten, konnte kein Gerät auf dem Crosstrainer mit Armbewegungen überzeugen (Gillinov et al., 2017, S. 1703). Garmin nennt gleichermaßen Körpermerkmale, den Sitz des Gerätes sowie die Art und Intensität der Aktivität als beeinflussenden Faktor für die Messgenauigkeit der Herzfrequenz (Garmin, o.J.).

Insgesamt zeigt die Literatur, dass Fitness Tracker die Schrittzahl überwiegend genau ermitteln können, diese jedoch eine Tendenz haben, die Schrittzahl zu unterschätzen und die Herzfrequenz je nach Aktivität genau zu erfassen. Dabei können zahlreiche Faktoren wie das Geschlecht, der BMI, das Alter oder die Hautfarbe die Genauigkeit dieser Geräte beeinflussen. Die Studie von Ricchio et al. (2018) nennt aber als einzige die Kleidung als zusätzlichen beeinflussenden Faktor. Aus den anderen Studien geht nicht hervor, ob die Art der Kleidung beachtet wurde und die Daten möglicherweise dadurch beeinflusst wurden.

Die Ergebnisse basieren auf Fitness Trackern älterer Generationen. Daher widmet sich diese Arbeit aktuellerer Modelle und untersucht die Genauigkeit der Herzfrequenzmessung und Schrittzählung bei unterschiedlichen Schrittzahlen und Aktivitäten.

2.8 Wearables und Datenschutz

Das Thema Datenschutz ist besonders in der heutigen Zeit ein zu berücksichtigender Gesichtspunkt und muss insbesondere bei Technologien beachtet werden. Wearables stehen in der vor allem in der Kritik die Gesundheitsdaten an Dritte weiterzuleiten.

Das Markt- und Meinungsforschungsunternehmen YouGov fand in einer Verbraucherbefragung heraus, dass Verbraucher und Verbraucherinnen die Nutzung von Wearables mit Risiken assoziieren. So bezweifeln 32 Prozent der Befragten, dass richtige Messwerte ermittelt werden, 31 Prozent befürchten falsche Gesundheitsratschläge und 39 Prozent betrachten die Verwendung der Daten durch Dritte als problematisch (Krösmann et al., 2016).

Insbesondere beim Datenschutz waren die Befragten der Meinung, dass sie eigenständig darüber bestimmen möchten, wer Zugriff auf ihre Gesundheitsdaten hat (49 Prozent), 32 Prozent möchten, dass niemand Zugang zu diesen Daten erhält. Demungeachtet würden 75 Prozent der Befragten die erfassten Gesundheitsdaten an den behandelnden Arzt weiterleiten, nur 33 Prozent hingegen an ihre Krankenkasse (Maas & Rohleder, 2016, S. 5).

Zahlreiche Wearables auf dem Markt ermöglichen eine umfassende Nutzung und Verarbeitung der Rohdaten nur in Verbindung einer Smartphone App. In dieser werden die aufgezeichneten Daten gespeichert und ausgewertet, sodass ein Überblick über die Gesundheitsdaten möglich wird. Dafür muss das Gerät mit dem Smartphone synchronisiert werden. Ein umfassender Zugriff und Überblick über die Daten direkt auf dem Gerät ist größtenteils nicht möglich. Doch hierbei liegt das Problem. Die Verbraucherzentrale fand heraus, dass bei den 20 der 24 untersuchten Apps, die Daten an die Server des Anbieters gesendet werden und demnach eine Offline-Verwendung, also die Verarbeitung der Daten im eigenen Gerät, nicht möglich ist (Verbraucherzentrale, 2017). Zudem werden bei 19 von 24 Apps Drittanbieter eingebunden, sodass die Daten auch an diese weitergeleitet werden können. Dadurch kann das Nutzungsverhalten analysiert und darauf basierend auf den Nutzer abgestimmte Werbung angezeigt werden. Anschließend ist es möglich das Surfverhalten des Nutzers zu analysieren, um zu messen, wie erfolgreich die Werbung war (Moll et al., 2017, S. 20). Die Apps von Polar und Xiaomi geben Daten lediglich an Dritte weiter, wenn vorher zugestimmt wurde. Des Weiteren seien nur zwei von zwölf Wearables vor ungewollter Standortverfolgung geschützt, die durch eine Sicherheitslücke bei der Bluetooth-Verbindung entsteht (Verbraucherzentrale, 2017). Auch übermittelt Garmin Laufstrecken an den Garmin-Anbieter-Server, wenn die Standortberechtigung ausgeschaltet ist. Dies galt hier jedoch für ein Garmin Gerät, das eine GPS-Funktion besitzt. Die vivosmart 3 besitzt diese Funktion nicht.

Neben den erwähnten Risiken gibt es jedoch einen positiven Aspekt: Die in der App gespeicherten Daten sind über eine Transportverschlüsselung vor unbefugtem Zugriff durch Dritte gesichert. Dies muss aber durch weitere Sicherungsmechanismen ergänzt werden (Moll et al., 2017, S. 23).

Das Unabhängige Landeszentrum für Datenschutz (ULD) Schleswig-Holstein prüfte in Zusammenarbeit mit sechs weiteren Aufsichtsbehörden Wearables, darunter unter anderem Fitness-Armbänder. Geprüft wurden insgesamt 16 Wearables.

Die Aufsichtsbehörden stellten fest, dass Datenschutzmängel bei Fitness-Armbändern und Smart Watches bestehen.

Bevor eine App genutzt werden kann, muss einer Datenschutzerklärung zugestimmt werden. Besonders hier fehlt jedoch die Transparenz. Dabei seien diese zu pauschal formuliert, sodass die Nutzer keine Auskunft darüber erhalten, was mit den eigenen Daten passiert und wer wofür zuständig ist. Darüber hinaus sind diese schwer verständlich und entsprechen nicht den gesetzlichen Anforderungen (Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz, 2016).

Bei Betrachtung der schützenswerten Daten, wie Körpergewicht, Herzfrequenz oder die Schrittzahl, wurde festgestellt, dass jene mit eindeutig zugewiesenen Personenkennungen in Verbindung gebracht werden und dadurch der Gesundheitszustand und Tagesablauf der Person abgebildet werden kann. Hinzu kommt, dass beim Abrufen der Standortdaten auf besonders persönliche Daten, wie dem Weg zur Arbeit oder wann der Nutzer aufgestanden ist, zugegriffen werden kann (ULD, 2016). Auch hier wurde festgestellt, dass die ausgewerteten Daten extern durch Dritte verarbeitet werden.

Möchten Nutzer ihre Daten löschen, ist dies nicht ohne weiteres möglich. Eine Löschfunktion ist bei vielen Geräten nicht vorhanden, sodass Nutzer ihr Daten nicht selbstständig löschen können. Außerdem erfahren diese nicht, wie lange der Hersteller die Daten speichert (ULD, 2016).

Basierend auf den Ergebnissen lässt sich sagen, dass Wearables und die damit verbundenen Apps zum entsprechenden Zeitpunkt größtenteils Sicherheitsmängel aufweisen und Maßnahmen notwendig sind.

Ob die vorliegenden Informationen allerdings noch heute auf die Datenschutzprobleme von Wearables zutreffen, ist nicht klar. Aktuelle Ergebnisse wurden diesbezüglich nicht gefunden. Eine eigenständige Untersuchung des aktuellen Datenschutzes bei Wearables ist nicht möglich, da dies mit einem zu großen Aufwand verbunden wäre und nicht Ziel dieser Arbeit ist.

2.9 Chancen und Risiken von Fitness Trackern

Fitness Tracker ermöglichen den Nutzern eine umfangreiche Übersicht über ihre Gesundheitsdaten. Von diesen Daten können auch Ärzte und Krankenkassen profitieren. So ermöglichen die Daten eine bessere Prävention und frühe Feststellung von Erkrankungen. Dies macht wiederum bessere Heilungschancen möglich und reduziert Doppeltuntersuchungen. Vor allem Krankenkassen möchten Fitness Tracker zur Prävention nutzen (Halber, 2017, S. 40). Jörg (2018) berichtet von einem Fall über eine Frau mit einem Körpergewicht von 130 kg. Verschiedene Diäten waren erfolglos. Ihr wurde daraufhin das Tragen eines Fitness Trackers empfohlen, sodass Schrittzahl, Pulsfrequenz und Blutdruck erfasst werden konnten. Das Körpergewicht reduzierte sich in sechs Monaten um 30 kg. Da dies

ein Einzelfall ist, muss hinterfragt werden, ob Fitness-Tracker tatsächlich einen derart großen Effekt auf die Gewichtsreduktion haben können. Dennoch lässt sich sagen, dass Fitness Tracker einen positiven Einfluss auf das Bewegungsverhalten nehmen können (Jörg, 2018, S. 14 f.). Eine Studie der Fresenius Hochschule zum Thema Wearables und Gesundheits-Apps, in der 512 Personen des Studiengangs Management und Ökonomie im Gesundheitswesen befragt wurden, zeigte, dass Nutzer von Wearables ein besseres Gesundheitsbewusstsein aufweisen als Nichtnutzer. Ebenfalls sind diese motivierter auf ihre Gesundheit zu achten und mehr Sport zu treiben (Theyke et al., 2017, S. 1-3). Hinzu kommt eine gesunde und ausgewogene Ernährung. Zudem berichten die Nutzer über ein deutlich verbessertes Gesundheitsbewusstsein. Hierbei ist ein geschlechterspezifischer Unterschied vorzufinden. Demnach sind Frauen von den positiven Effekten überzeugter als Männer. Diese positiven Effekte erst nach sechs Monaten zu verzeichnen und durch die Nutzungshäufigkeit bedingt (Theyke et al., 2017, S.1-3). Befragungen zum Sportverhalten zeigten, dass sich Nutzer im Vergleich zu Nichtnutzern häufiger sportlich betätigen. Diese treiben mit 40 Prozent drei bis vier Mal Sport pro Woche, während dies nur auf 26 Prozent der Nichtnutzer zutrifft. Ein deutlicher Unterschied lässt sich bei Personen erkennen, die keinen Sport treiben. Dies trifft auf 23 Prozent der Nichtnutzer, aber auf nur sieben Prozent der Nutzer zu.

Insgesamt können Wearables dazu beitragen einen gesünderen Lebensstil zu entwickeln, so die Teilnehmenden der Studie. Dies berichten auch Teilnehmende einer Studie, die Fitness Tracker über einen Zeitraum von sechs Wochen trugen. Mit 77 Prozent war der Großteil der Teilnehmenden der Meinung, dass die Geräte das Potenzial hätten, nützlich zu sein. Ebenso berichteten 45 Prozent über eine größere Motivation für einen gesünderen Lebensstil (Hickey & Freedson, 2016, S. 616). Gleichermaßen sehen El-Amrawy und Nounou einen gesundheitlichen Nutzen von Fitness Trackern. So kann die Lebensqualität der Nutzer mit Hilfe der Geräte verbessert und bei der Bekämpfung von Übergewicht sowie Herzerkrankungen beitragen (El-Amrawy & Nounou, 2015, S. 319).

Potenzial besteht aber auch für Patienten nach dem Krankenhausaufenthalt oder verschiedenen Eingriffen. Beispielweise könnten Personen zu mehr Aktivität ermutigt werden, um die Entstehung kardiovaskulärer Krankheiten zu verhindern. Außerdem besteht Potenzial für Wearables mit Schrittzählern bei der frühen postoperativen Intervention. Gestützt wird diese Annahme dadurch, dass mit Trackern ausgestattete Patienten, die ihre Schrittzahl aufnahmen und aktiver waren, einen kürzeren Krankenhausaufenthalt hatten, als die mit geringeren Schrittzahlen (Hickey & Freedson, 2016, S. 617 f). Auch untersuchten Forscher und Forscherinnen, ob Fitbit Tracker Einfluss den stationären Aufenthalt sowie die Wiederaufnahme von Patienten nach einer Krebsoperation haben. Das Gerät wurde von 71 Patienten am Handgelenk getragen, um die Schrittzahl pro Tag zu erfassen. Sie stellten

fest, dass Patienten, die während des stationären Aufenthaltes aktiver waren, ein geringeres Risiko für eine Wiederaufnahme im Krankenhaus nach 30 und 60 Tagen aufgrund von Metastasenbildung hatten. Demnach korrelierte eine größere Schrittzahl mit einem signifikant geringeren Risiko für eine stationäre Wiederaufnahme (Lovett, 2017). Mit Hilfe dieser Daten könnten Patienten identifiziert werden, die vor der Entlassung aus dem Krankenhaus einer zusätzlichen Überwachung bedürfen, so die Forscher und Forscherinnen (Lovett, 2017).

Für Patienten mit Herzerkrankungen wie beispielweise dem Vorhofflimmern, könnten die Tracker bei der Überwachung der Herzschlagfrequenz hilfreich sein und somit die Symptome und Herzstörungen rechtzeitig erkennen und lindern (McConnell et al, 2018, S. 2697).

Fitness Tracker scheinen jedoch nicht nur einen positiven Nutzen zu haben, sondern können auch negative Wirkungen hervorrufen. So fand eine Studie heraus, dass Nutzer eines Fitness Trackers an Motivation verlieren können eine bestimmte körperliche Tätigkeit auszuüben, wenn der Tracker nicht verfügbar ist. Dieser Effekt war insbesondere bei Personen zu erkennen, die Tracker vorwiegend aus extrinsischen Gründen wie der Gewichtsreduktion oder einer besseren Fitness nutzten. Daher wird angenommen, dass die Wahrnehmung des Feedbacks des Trackers einen Einfluss auf die intrinsische Motivation der Nutzer hat. Weiterhin bestehe eine Abhängigkeit vom Tracker. Demnach ist diese Abhängigkeit bei Personen geringer, die sich aufgrund von Spaß körperlich betätigen. Hingegen besteht eine höhere Abhängigkeit bei Personen, die den Tracker zum Erreichen größerer Ziele nutzten. Ebenfalls erkennbar ist dieser Effekt bei Personen, die das Gefühl hatten, sich körperliche betätigen zu müssen (Attig & Franke, 2018, S. 23 f.). Insgesamt zeigte die Studie, dass durch das Feedback des Trackers ein Belohnungsgefühl bei den Nutzern entsteht, das wiederum mit einer größeren Abhängigkeit von ebendieser Belohnung einhergeht. Wenn dieses Feedback nicht verfügbar ist, kann die Motivation für körperliche Aktivität beeinträchtigt werden, so die Forschenden (Attig & Franke, 2018, S. 26).

Die ermittelten Gesundheitsdaten, vorausgesetzt, dass diese verlässlich sind, könnten dem Hausarzt Aufschlüsse über den Fitnesszustand des Patienten geben und möglicherweise auf Auffälligkeiten bei der Herzschlagfrequenz deuten. Da es sich bei Fitness Trackern aber nicht um Medizinprodukte handelt und es zu falschen Schlüssen kommen kann, ist diese Empfehlung mit Vorsicht zu genießen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Potenziale von Fitness Trackern überwiegen, da diese in vielerlei Hinsicht eingesetzt werden können. Sie benötigen jedoch einer vorherigen Evaluation und Überprüfung auf Validität und Reliabilität, um sicherzustellen, dass die Geräte verlässliche Werte wiedergeben.

3. Fragestellung und Hypothesen

In dieser Arbeit soll die Genauigkeit von Fitness Tracker hinsichtlich der Schrittzählung und Herzfrequenzmessung unter Einbeziehung unterschiedlicher Settings untersucht werden. Die erhobenen Daten werden mit dem Goldstandard, einem Handzähler und dem Brustgurt, der als Referenzgerät dient, verglichen und anschließend die Abweichung der Fitness Tracker von der Referenz errechnet. Die Settings bestehen aus unterschiedlichen Aktivitäten und Schrittzahlen, die in der Methodik erläutert werden. Es werden geschlechtliche Unterschiede in der Messgenauigkeit der Tracker berücksichtigt. Zudem wird untersucht, ob die unterschiedlichen Schrittzahlen und Aktivitäten Einfluss auf die Messgenauigkeit der Geräte haben.

Aus den wissenschaftlichen Studien ging hervor, dass die Bewegungsgeschwindigkeit und die Art der Aktivität einen Einfluss auf die Genauigkeit haben. Unter Verwendung statistischer Auswertungen soll herausgefunden werden, inwieweit und ob diese Faktoren tatsächlich die Messgenauigkeit von Fitness Tracker beeinflussen und ebenfalls auf die aktuelleren Generationen zutreffen. Daher lautet die Forschungsfrage: Wie genau können Fitness Tracker die Anzahl der Schritte und die Herzschlagfrequenz in unterschiedlichen Settings ermitteln?

Die aus der Forschungsfrage abgeleitete, zweiseitige Hypothese lautet: Fitness Tracker können die Schritte und Herzschlagfrequenz in unterschiedlichen Settings genau ermitteln (H_1 -Hypothese). Folgende Alternativhypothesen sollen diesbezüglich verifiziert werden:

- Fitness Tracker können Schritte genau erfassen, aber nicht die Herzschlagfrequenz
- Fitness Tracker können Schritte nicht genau erfassen, aber die Herzschlagfrequenz
- Je höher die Bewegungsgeschwindigkeit, desto genauer erfassen Fitness Tracker die Schrittzahl und Herzschlagfrequenz
- Je geringer die Bewegungsgeschwindigkeit, desto genauer erfassen Fitness Tracker die Schrittzahl und Herzschlagfrequenz

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit soll ein Vergleich der Messungen unter Laborbedingungen und unter Feldbedingungen bezüglich der Schrittzahl stattfinden. Anhand der Ergebnisse aus dieser Arbeit, werden Schlüsse darauf gezogen, welche ermittelten Schrittzahlen vermutlich genauer sind und abgeleitet, ob Unterschiede zwischen Labor- und Feldbedingungen bestehen. Verglichen werden die Garmin vivosmart 3 und das Xiaomi Mi Band 3.

4. Methodisches Vorgehen

Dieses Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen und geht zu Beginn auf das Studiendesign ein. Darauffolgend werden die verwendeten Fitness Tracker sowie deren Funktionen aufgeführt. Es folgt die Beschreibung des Pretests sowie der Datenerhebung und Auswertung. Den Abschluss bildet die Beschreibung einer Untersuchung von Studierenden, die die Schrittzahl einer Interventions- und Kontrollgruppe über einen Zeitraum von vier Wochen unter Feldbedingungen erfassten.

4.1 Studiendesign

Die Messung der Genauigkeit von Wearables hinsichtlich Schrittzahl und Herzschlagfrequenz fand auf einer festgelegten 400 Meter-Laufbahn statt. Auf dieser wurden mehrere Einheiten mit unterschiedlichen Schrittzahlen und Bewegungsgeschwindigkeiten absolviert. Als Schrittzahlen galten 400, 800 und 1000 Schritte beim normalen und schnellen Gehen, Joggen und Laufen. Die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit für das normale gehen betrug 4,8 km/h. Schnelles Gehen wird mit 6,3 km/h definiert. Das durchschnittliche Tempo für das Joggen lag bei 11 km/h und für das Laufen bei 12,4 km/h. Die Geschwindigkeiten wurden mit Hilfe der Tracker definiert. Zusätzlich wurden diese mit den ausgewählten Geschwindigkeiten aus den oben aufgeführten Studien abgeglichen. Es wurde die durchschnittliche Herzschlagfrequenz ermittelt. Die Datenerhebung fand unter Laborbedingungen statt.

Wird der Ort, an dem das Experiment durchgeführt werden soll vorher festgelegt, und gelten dieselben Versuchsbedingungen für alle Teilnehmer, handelt es sich um ein Laborexperiment (Brosius, Haas & Koschel, 2016, S. 239). Laborexperimente sind primär durch standardisierte Bedingungen charakterisiert. Zudem werden die Teilnehmenden über das Experiment informiert. Feldexperimente, welche durch eine natürliche Umgebung gekennzeichnet sind, stehen den Laborexperimenten gegenüber. Hier sind die Bedingungen nicht künstlich hergestellt. Stattdessen ist den Versuchspersonen nicht bekannt, dass diese an einem Experiment teilnehmen (Brosius, 2016, S. 240).

Die Teilnehmenden waren eine männliche und eine weibliche Person. Ausgehend von der vorliegenden Literatur, die darauf schließen lässt, dass die Hautfarbe die Messergebnisse beeinflussen kann, wurde eine Person des Hauttyps II (männlich) und eine Person des Hauttyps IV (weiblich) ausgewählt. Das Bundesamt für Strahlenschutz (Bfs) ordnet Personen des Hauttyps II blaue, graue oder braune Augen zu, die sich zudem durch eine helle und empfindliche Haut auszeichnen. Personen des Hauttyps IV haben eine hellbraune, olivfarbene Haut und braune bis dunkelbraune Augen sowie dunkelbraunes Haar (Bfs, 2018).

4.2 Verwendete Geräte

Folgend werden die verwendeten Geräte und ihre Funktionen aufgelistet.

Fitbit

Die Fitbit Alta HR ist ein Fitness Tracker, der mittels eines Armbandes am Handgelenk getragen wird. Der Tracker kann Schritte, Distanz, verbrannte Kalorien pro Tag und aktive Minuten ermitteln. Des Weiteren erkennt dieser automatisch, welche Übung durchgeführt wird und zeichnet die Herzfrequenz sowie den Schlaf auf. Aktivitäten können nur mit Hilfe der dazugehörigen App gestartet und aufgezeichnet werden. Zudem ist die Verwendung von GPS nötig.

Garmin

Die Garmin vívosmart 3 ist ebenfalls ein Fitness Tracker, der am Handgelenk getragen wird und misst die Herzfrequenz, Schrittzahl, hochgestiegene Stockwerke sowie den Kalorienverbrauch und die zurückgelegte Distanz. Außerdem erfasst das Gerät Intensitätsminuten und den Schlaf, aber auch den Stresslevel und Erholungsphasen. Darüber hinaus ist die Erfassung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO2 Max) möglich. Für die Aufzeichnung einer Aktivität kann zwischen Lauftraining, Gehen, Cardio-Aktivitäten und Krafttraining gewählt werden. Die Aktivitäten können im Gegensatz zur Fitbit direkt über den Tracker gestartet werden. Ein GPS Signal ist nicht notwendig.

Xiaomi

Das Xiaomi Mi Band 3 ist ein Fitness Tracker, der die Herzfrequenz misst und die Schrittzahl aufzeichnet sowie den Kalorienverbrauch und die Distanz ermittelt. Ebenfalls besteht auch hier die Option den Schlaf aufzuzeichnen. Aktivitäten können über den Tracker gestartet werden. Die Darstellung der Daten in der App ist jedoch verglichen mit der Erfassung der Aktivität direkt über die App nicht gleichermaßen umfangreich.

Die Garmin vívosmart 3 ist das einzige Geräte, das keine Verbindung mit der App während der Aktivität benötigt, um die Daten aufzuzeichnen. Ein umfangreicher Überblick wird jedoch auch hier erst in Verbindung mit der App möglich.

In Tabelle 3 sind die Funktionen der drei Geräte übersichtlich aufgelistet und gegenübergestellt.

Tabelle 3: Funktionen der Geräte (Quelle: eigene Darstellung)

Funktionen	Fitbit alta HR	Garmin vivosmart 3	Xiaomi Mi Band 3
Schrittzahl	✓	✓	✓
Herzfrequenz	✓	✓	✓
Kalorienverbrauch	✓	✓	✓
Schlaf	✓	✓	✓
Distanz	✓	✓	✓
Stress-/Erholungsphasen		✓	
VO2 Max		✓	
Hochgestiegene Stockwerke		✓	

Die Tracker wurden gleichzeitig an beiden Handgelenken getragen. Dabei befand sich immer mindestens ein Tracker an einem Handgelenk, während am anderen Handgelenk zwei Tracker angelegt waren. Die Seiten wechselten an jedem Tag, an dem eine Messung stattfand, sodass alle Geräte zu gleichen Anteilen an beiden Handgelenken getragen wurden.

4.3 Pretest

Bevor die Messungen stattfanden, wurden alle Geräte jeweils auf die Reaktion von Hand- und Armbewegungen untersucht. Dafür wurden die Arme in unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Winkeln auf und ab sowie nach links und rechts bewegt. Es konnte festgestellt werden, dass alle Geräte sowohl auf schnelle als auch auf langsame sowie große und kurze Armbewegungen reagieren und demnach als Schritte interpretieren. Das Mi Band 3 reagierte am stärksten auf Armbewegungen. Handbewegungen, die beispielweise beim Tippen oder Schreiben entstehen, zählten die Tracker nicht. Anschließend wurden alle Geräte während eines 20-minütigen Laufs gleichzeitig an beiden Handgelenken getragen. Damit konnte vorab die Funktionsweise der Tracker in Kombination mit der dazugehörigen App getestet werden. Außerdem diente dies zur Identifikation und Beseitigung von möglichen Fehlern, die während der Datenerhebung auftreten könnten. Dazu gehört beispielsweise die unbeabsichtigte Beendigung der Aufnahme des Trackers, ausgelöst durch die Ärmel eines Kleidungsstücks. Anzumerken ist, dass dies nur bei der vivosmart 3 auftrat.

Während des Laufs wurden die Schritte gedanklich mitgezählt. Da das gedankliche Zählen jedoch fehleranfällig war, kam stattdessen ein mechanischer Handzähler zum Einsatz. Für die Herzfrequenzmessung fand zu Beginn ein Brustgurt von movisens Verwendung.

Allerdings zeigte dieser nach der zweiten Verwendung nicht mehr die durchschnittliche Herzschlagfrequenz an und gab falsche Werte wieder. Deshalb wurde dieser durch den Suunto t6d Brustgurt in Kombination mit der dazugehörigen Uhr ersetzt und für die Datenerhebung verwendet.

4.4 Datenerhebung

Die Daten wurden über einen Zeitraum von 5 Wochen erhoben. Beide Teilnehmenden absolvierten für jede Schrittzahl und Aktivität jeweils fünf Durchgänge, sodass jede Person insgesamt 60 Durchgänge durchlief. Vor der Durchführung wurde die Teilnehmerin über den Ablauf unterrichtet. Sie wurde darüber aufgeklärt, die Arme bei der Bewegung nicht unnatürlich stark zu schwingen oder zu bewegen, da dies die Daten verfälschen kann. Um eine Ermüdung vorzubeugen, die sich auf die Messung auswirken kann, pausierten beide Teilnehmenden nach jeder Einheit für zwei Minuten. In diesem Zeitraum erfolgte die Synchronisierung der erfassten Daten mit der App. Für die Garmin vivosmart 3 konnte die Schrittzahl nur im Tracker abgelesen werden. Die App ermöglicht keinen Zugriff auf diesen Messwert. Da der Tracker intern nur maximal sieben Einheiten speichern kann, und die Daten ab der achten überschrieben werden, wurde die Schrittzahl der Garmin nach der siebten Einheit separat notiert. In der App werden alle Einheiten angezeigt.

Um die Aktivität zu erfassen, muss in der App vorab die Aktivität ausgewählt und gestartet werden. In der Fitbit App stehen *Lauf*, *Spaziergang* und *Wanderung* zur Auswahl. Beim Gehen wurde demnach *Spaziergang* und beim Joggen sowie Laufen *Laufen* ausgewählt. Die Xiaomi App unterscheidet zwischen *Gehen*, *Laufen* und *Fahrrad*. Auch hier wurde dementsprechend gewählt. Beide Geräte ermöglichen eine Erfassung der Aktivität lediglich in Verbindung mit GPS über das Smartphone. Garmin hingegen benötigt keine GPS Verbindung, sodass hier direkt auf dem Tracker die Aktivität ausgewählt wird.

Die Messwerte wurden in Excel Tabellen übertragen, die nach Aktivität und Schrittzahl gegliedert waren. Die Tabellen sind in den Anhängen A bis D beigefügt.

4.5 Datenauswertung

Der folgende Abschnitt veranschaulicht die Vorgehensweise bei der Datenauswertung, welche mit IBM SPSS Statistics Version 22 durchgeführt wurde. Für alle Variablen wurden eine deskriptive Analyse durchgeführt und diesbezüglich die Mittelwerte, Standardabweichung sowie Maximum und Minimum errechnet. Es wurde ein t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt und zweiseitig mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$, welches als statistisch signifikant gilt, geprüft. Dafür wurden die Werte jedes einzelnen Gerätes mit dem realen beziehungsweise Referenzwert verglichen.

4.6 Erfassung der Schrittzahl einer Interventions- und Kontrollgruppe

Um Schlüsse auf die Genauigkeit der Messung von Schritten im Alltag zu ziehen, führte eine Gruppe aus zwei Personen ein Experiment mit einer Interventions- und einer Kontrollgruppe durch (n=10). Dabei wurden alle Personen mit dem Xiaomi Mi Band 3 ausgestattet. Vier zufällig ausgewählten Personen, davon jeweils zwei aus der Interventions- und der Kontrollgruppe, erhielten zusätzlich die Garmin vivosmart 3. Ziel war es zu ermitteln, wie genau die Schritte im Alltag gezählt werden und diese mit den Daten unter Laborbedingungen zu vergleichen. Die Daten wurden über einen Zeitraum von 4 Wochen erhoben und die Schrittzahl beider Geräte pro Tag in einer Excel-Tabelle gegenübergestellt. Anschließend wurde die Differenz der vivosmart 3 vom Mi Band 3 ermittelt.

Folgend werden die Ergebnisse aus der Datenerhebung vorgestellt.

5. Darstellung der Ergebnisse

Der folgende Abschnitt stellt die Ergebnisse der in der Methodik beschriebenen Vorgänge dar. Einleitend wird ein Überblick über allgemeine Informationen, darunter die Settings und die Darstellungsweise der Ergebnisse gegeben. Anschließend werden die Ergebnisse in Form von Tabellen, in denen die Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Signifikanz aufgeführt sind, dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse aus dem Feldversuch aufgeführt.

Allgemeine Informationen

Insgesamt wurden 120 Durchgänge absolviert, davon jeweils 60 pro Person. Die folgenden Tabellen stellen die Mittelwerte (\bar{x}) und die Standardabweichungen (SD) bei 400, 800 und 1000 Schritten für alle Fitness Tracker und beide Geschlechter dar. Jede Tabelle beinhaltet die Aktivitäten normales Gehen (4,8 km/h), schnelles Gehen (6,3 km/h), Joggen (11 km/h) und Laufen (12,4 km/h). Die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen ergeben sich jeweils aus den fünf Durchgängen pro Aktivität. Die Minima (Min.) und Maxima (Max.) beziehen sich auf die geringste und höchste beobachtete Schrittzahl im Setting, werden aber in den Tabellen nicht aufgeführt. Diese sind aus dem Anhang A und C zu entnehmen.

5.1 Deskriptive Statistik und Signifikanz Schrittzählung

Über alle Aktivitäten hinweg war die Garmin vivosmart 3 bei 400 Schritten das genaueste Gerät bei der männlichen (\bar{x} =401-409, SD =2,7-4,7) und bei der weiblichen Person (\bar{x} =396-403, SD =2,2-5,2). Der geringste gemessene Wert bei dem Teilnehmer lag bei 395, der

höchste bei 412 Schritten. Bei der Teilnehmerin wurde ein minimaler Wert von 390 und ein maximaler Wert von 406 ermittelt. Die Genauigkeit der vivosmart 3 reduzierte sich mit zunehmender Geschwindigkeit beim Teilnehmer leicht (siehe Tabelle 4).

Die Fitbit Alta HR zeigte die größten Abweichungen vom Referenzwert ($n=400$) und hat hier in jedem Durchgang sowohl bei dem Teilnehmer ($\bar{x}=328-368$, $SD=29,5-60,6$) als auch bei der Teilnehmerin ($\bar{x}=294-334$, $SD=14,7-33,8$) weniger Schritte gezählt. Ebenfalls liegt die SD bei allen Geschwindigkeiten deutlich über der SD der anderen beiden Fitness Tracker (siehe Tabelle 4). Mit einem Min. von 283 Schritten zählte die Alta HR bei dem Teilnehmer die wenigstens Schritte. Der maximal gemessene Wert beträgt 439 Schritte. Noch ungenauer ist der Tracker bei der weiblichen Person. Beobachtet wurde ein minimaler Wert von 272 und ein maximaler Wert von 379 Schritten. Demzufolge unterschätzt die Alta HR konstant die Schrittzahl.

Das Mi Band 3 überzeugte bei der männlichen Person mit einer hohen Genauigkeit bei 400 Schritten und allen Aktivitäten ($\bar{x}=398-410$, $SD=6,6-16,8$). Der Tracker wurde mit zunehmender Geschwindigkeit etwas genauer. Die SD sind jedoch größer als bei der vivosmart 3 (siehe Tabelle 4). Mit einem Max. von 437 Schritten zeigte das Mi Band 3 den nach der Alta HR den größten Wert von allen Geräten an. Das Min. lag bei 399 Schritten. Bei der weiblichen Person war der Tracker ungenauer, die Abweichungen aber akzeptabel ($\bar{x}=360-393$, $SD=4,3-20$). Es war ein minimaler Wert von 338 und ein maximaler Wert von 404 Schritten zu erkennen.

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 400 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Männlich								
Garmin vivosmart 3	401	4,3	402	3	404	4,7	409	2,7
Fitbit Alta HR	355	29,5	328	51,8	356	37,8	368	60,6
Xiaomi Mi Band 3	410	15,4	406	16,8	406	12,5	398	6,6
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Garmin vivosmart 3	400	2,7	396	5,2	403	2,2	400	4,4
Fitbit Alta HR	334	33,8	294	28	328	25,7	312	14,7
Xiaomi Mi Band 3	392	4,3	372	20	393	7,3	360	12,3

Die folgend aufgeführte Ergebnisse beziehen sich auf Tabelle 5, welche die ermittelten p-Werte bei 400 Schritten darstellt.

Die Ergebnisse der vivosmart 3 bei 400 Schritten sind beim normalen und schnellen Gehen sowie beim Joggen statistisch nicht signifikant. Beim Laufen sind die Ergebnisse hingegen sehr signifikant ($p=0,002$). Bei der weiblichen Person konnte nur beim Joggen statistische Signifikanz nachgewiesen werden ($p=0,026$)

Beim normalen und schnellen Gehen sowie beim Joggen stellen sich die Ergebnisse der Alta HR als statistisch signifikant heraus. Für das Laufen konnte kein statistisch signifikantes Ergebnis nachgewiesen werden ($p=0,311$). Die Ergebnisse der weiblichen Person deuten hingegen in allen Settings auf eine hohe Signifikanz. Ein höchst signifikantes Ergebnis trat beim Laufen auf ($p<0,001$).

Das Mi Band 3 zeigte bei der männlichen Person keine signifikanten Ergebnisse. Hier liegt demnach die Vermutung eines zufälligen Ergebnisses nahe. Im Gegensatz dazu, zeigen die Ergebnisse der weiblichen Person überwiegend statistisch signifikante Ergebnisse. Nur beim Joggen konnte keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden ($p=0,104$).

Tabelle 5: Statistische Signifikanz bei 400 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,51	0,21	0,129	0,002
Fitbit Alta HR	0,027	0,037	0,06	0,311
Xiaomi Mi Band 3	0,221	0,456	0,291	0,617
Weiblich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,757	0,195	0,026	0,849
Fitbit Alta HR	0,012	0,001	0,003	<0,001
Xiaomi Mi Band 3	0,013	0,037	0,104	0,002

Bei einer Schrittzahl von 800 zeigte die vivosmart 3 erneut genaue Werte mit leichten Abweichungen ($\bar{x}=801-820$, $SD=2,1-11,1$). Dies trifft auch auf die weibliche Person zu ($\bar{x}=789-798$, $SD=6,87-17,7$). Der Tracker tendierte beim Joggen und Laufen dazu die Schrittzahl beim Teilnehmer zu überschätzen und bei der Teilnehmerin zu unterschätzen (siehe Tabelle 6). Es wurde ein minimaler Wert von 795 und ein maximaler Wert von 830 bei der männlichen Person festgestellt. Für die weibliche Person ergibt sich ein Min. von 764 und ein Max. von 806 Schritten.

Die Alta HR zeigt bei insgesamt akzeptablen MW die geringste Genauigkeit von den drei Geräten, da die MW größer vom Referenzwert abweichen ($\bar{x}=743-796$, $SD=13,3-45$). Die SD sind im Vergleich zur vivosmart 3 und dem Mi Band 3 in allen Settings jedoch sichtbar

höher. Zutreffend sind diese Beobachtungen auch bei der weiblichen Person (\bar{x} =662-772, SD =34,70,2) Die MW deuten zudem auf eine größere Ungenauigkeit. Die MW weichen bei 800 Schritten insgesamt weniger vom Goldstandard ab als bei 400 Schritten (siehe Tabelle 6). Es konnte für die männliche Person ein Min. von 705 und ein Max. von 819 Schritten ermittelt werden. Für die weibliche Person wurde ein Min. von 615 und ein Max. von 833 Schritten beobachtet.

Das Mi Band 3 weist bei der männlichen Person genaue Werte auf (\bar{x} =789-812, SD =9,7-11,4). Die Genauigkeit ließ bei der weiblichen Person teilweise nach (\bar{x} =680-788, SD =28,3-65,1). Auffällig sind besonders die hohen SD. Die Min. und Max. des Mi Band 3 liegen für die männliche Person bei 774 und 829 und für die weibliche Person bei 636 und 796 Schritten. Erwähnenswert ist, dass die Genauigkeit beider Tracker im Vergleich zu 400 Schritten geringer war und höhere Mittelwerte sowie Standardabweichungen auftreten (siehe Tabelle 6).

Alle Tracker zählen bei der männlichen Person durchschnittlich mehr Schritte, während die Tracker bei der weiblichen Person eine Tendenz haben weniger Schritte zu zählen.

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 800 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Männlich								
Garmin vivosmart 3	804	2,1	801	7,7	820	11,1	815	8,4
Fitbit Alta HR	796	13,3	784	37,7	772	44,9	743	41,1
Xiaomi Mi Band 3	802	11,1	789	9,8	810	9,7	812	11,4
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Garmin vivosmart 3	793	9,3	792	17,7	789	14,7	798	6,9
Fitbit Alta HR	677	36,7	662	34,3	774	23,5	714	70,2
Xiaomi Mi Band 3	710	28,3	680	56,9	788	6,7	780	13,8

Die Ergebnisse der vivosmart 3 bei 800 Schritten sind beim normalen Gehen sowie beim Joggen und laufen statistisch signifikant. Auch hier konnte beim schnellen Gehen keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden (p =0,629). Bei der Teilnehmerin ist keines der Ergebnisse statistisch signifikant (siehe Tabelle 7).

Die Alta HR weist bei der männlichen Person nur beim Laufen statistisch signifikante Werte auf ($p=0,037$). Die Ergebnisse der weiblichen Teilnehmerin sind beim Gehen statistisch signifikant ($p=0,002$, $p=0,001$).

Das Mi Band 3 zeigt bei der männlichen Person in keinem Setting statistisch signifikante Werte. Hingegen stellen sich bei der weiblichen Person in allen Settings signifikante Werte heraus (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Statistische Signifikanz bei 800 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,008	0,629	0,015	0,014
Fitbit Alta HR	0,619	0,418	0,244	0,037
Xiaomi Mi Band 3	0,653	0,066	0,07	0,075
Weiblich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,157	0,392	0,177	0,514
Fitbit Alta HR	0,002	0,001	0,067	0,053
Xiaomi Mi Band 3	0,002	0,009	0,015	0,031

Tabelle 8 zeigt die MW und SD der drei Geräte bei 1000 Schritten.

Die Mittelwerte der vivosmart 3 weichen nur gering vom Goldstandard ab ($\bar{x}=1006-1014$, $SD=3,3-9$). Der Tracker tendiert zu einer Überschätzung der Schrittzahl. Die geringste ermittelte Schrittzahl lag bei 998, die größte bei 1029. Die größte Genauigkeit war hier beim normalen und schnellen Gehen zu beobachten ($\bar{x}=1006$, $SD=4,2/7$), die geringste beim Joggen ($\bar{x}=1014$, $SD=9$). Bei der weiblichen Person war ebenfalls eine hohe Genauigkeit erkennbar, die jedoch geringer war als bei der männlichen Person ($\bar{x}=950-998$, $SD=2,3-54,4$). Erwähnenswert sind außerdem die größeren SD beim schnellen Gehen und Joggen (siehe Tabelle 8). Ein Min. von 868 wurde beim schnellen Gehen festgestellt. Ein Max. von 1006 Schritten trat beim Laufen auf. Die größte Genauigkeit war beim normalen Gehen ($\bar{x}=997$, $SD=2,3$) und beim Laufen ($\bar{x}=998$, $SD=8,6$) vorhanden.

Die Alta HR war auch bei 1000 Schritten verglichen mit den anderen beiden Trackern ungenau ($\bar{x}=948-1135$, $SD=22,4-52,1$). Die größte Genauigkeit zeigte der Tracker beim Laufen ($\bar{x}=993$, $SD=37,3$), beim normalen Gehen die geringste ($\bar{x}=1135,6$, $SD=39,9$). Die Genauigkeit nahm beim Joggen und Laufen zu. Mit einem Min. von 898 und einem Max. von 1199 zeigt dieser Tracker eine beträchtliche Abweichung verglichen mit den anderen beiden Trackern. Ebenso konnte eine geringere Genauigkeit bei der weiblichen Person festgestellt werden, die zusätzlich mit höheren SD einhergeht ($\bar{x}=840-963$, $SD=20,07-61,9$).

Der Tracker zeigt bei 1000 Schritten ein Min. von 773 und ein Max von 996 Schritten. Am genauesten war dieser beim normalen Gehen ($\bar{x}=963$, $SD=47,5$) und am ungenauesten beim schnellen Gehen ($\bar{x}=840$, $SD=61,9$).

Die größte Genauigkeit bei 1000 Schritten zeigte das Mi Band 3 bei der männlichen Person. Hier lag die ermittelte Schrittzahl bei allen Aktivitäten dicht am Referenzwert ($\bar{x}=991-1004$, $SD=4,4-19$). Der Tracker zählte überwiegend weniger Schritte. Der kleinste abweichende Wert beträgt 995, der größte Wert 1012 Schritte. Die größte Genauigkeit hatte der Tracker beim normalen Gehen ($\bar{x}=999$, $SD=4,4$), die geringste beim schnellen Gehen ($\bar{x}=991$, $SD=19$).

Die Abweichungen waren bei der weiblichen Teilnehmerin größeren Schwankungen unterworfen ($\bar{x}=762-968$, $SD=13,45-78,2$). Hier war aber eine zunehmende Genauigkeit bei höheren Geschwindigkeiten erkennbar (siehe Tabelle 8). Der minimal beobachtete Wert beträgt 661 und der maximal beobachtete Wert 988. Die größte Genauigkeit war beim Laufen zu verzeichnen ($\bar{x}=968$, $SD=17,1$), die geringste beim normalen Gehen ($\bar{x}=762$, $SD=78,2$).

Auch hier unterschätzten alle Tracker die Schrittzahl bei der weiblichen Person. Bei dem Teilnehmer unterschätzten bis auf die vivosmart 3 ebenfalls die Tracker die Schrittzahl.

Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen bei 1000 Schritten (männlich) (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Männlich								
Garmin vivosmart 3	1006	4,2	1006	7	1014	8,8	1009	3,3
Fitbit Alta HR	1135	39,9	948	22,4	955	52,1	993	37,3
Xiaomi Mi Band 3	999	4,4	991	19	1004	5,98	996	5,98
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Garmin vivosmart 3	997	2,3	950	54,4	973	29,6	998	8,6
Fitbit Alta HR	963	47,5	840	61,9	923	20,1	947	45,4
Xiaomi Mi Band 3	762	78,2	837	21,1	910	13,45	968	17,1

Die vivosmart 3 weist bei 1000 Schritten im Großteil signifikante Werte auf. Ausschließlich beim schnellen Gehen ist kein signifikantes Ergebnis zu beobachten ($p=0,109$). Bei der weiblichen Teilnehmerin war ein signifikantes Ergebnis nur beim normalen Gehen erkennbar ($p=0,035$).

Die Alta HR weist ausschließlich beim Gehen signifikante Werte auf ($p=0,002$, $p=0,007$). Bei der weiblichen Teilnehmerin hingegen treten diese beim schnellen Gehen und Joggen auf. Mit einem p-Wert von 0,001, sind die Ergebnisse beim Joggen sehr signifikant.

Das Mi Band 3 zeigt bei dem männlichen Teilnehmer in keinem Setting statistisch signifikante Ergebnisse. Stattdessen weist das Mi Band 3 bei der weiblichen Person in allen Settings statistische Signifikanz auf. Mit einem p-Wert von $<0,001$ sind die Ergebnisse beim schnellen Gehen und Joggen höchst signifikant.

Tabelle 9: Statistische Signifikanz bei 1000 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,034	0,109	0,022	0,004
Fitbit Alta HR	0,002	0,007	0,131	0,688
Xiaomi Mi Band 3	0,515	0,357	0,161	0,250
Weiblich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,035	0,111	0,111	0,665
Fitbit Alta HR	0,156	0,004	0,001	0,061
Xiaomi Mi Band 3	0,002	$<0,001$	$<0,001$	0,014

5.2 Deskriptive Statistik und Signifikanz Herzschlagfrequenz

Folgend werden die MW und SD der drei Fitness Tracker hinsichtlich der Herzfrequenzmessung bei allen Schrittzahlen dargestellt. Die Ergebnisse basieren auf der durchschnittlichen Herzschlagfrequenz. Zusätzlich wird der Brustgurt von Suunto aufgeführt, der als Referenzgerät für die Messung der Herzschlagfrequenz galt. Demnach bieten die Tabellen einen Überblick über die Abweichungen der Tracker vom Brustgurt. Auch hier bilden sich die MW und SD aus den fünf Durchgängen per Aktivität. Es wurden zusätzlich die prozentualen Abweichungen berechnet.

Die vivosmart 3 zeigte in allen Settings und bei beiden Geschlechtern die größte Genauigkeit bei der Herzfrequenzmessung und hat eine hohe Übereinstimmung mit dem Brustgurt (siehe Tabelle 10). Die durchschnittliche Abweichung vom Brustgurt schwankt bei der männlichen Person zwischen 0,7 Prozent und 3,4 Prozent. Beim schnellen Gehen waren die MW identisch ($\bar{x}=113$). Beim Laufen wurde die geringste Genauigkeit festgestellt ($\bar{x}=147$, $SD=7$). Bei der weiblichen Person schwankt die durchschnittliche Abweichung zwischen 0,6 und 8,6 Prozent. Die größte Genauigkeit zeigte das Gerät beim Joggen ($\bar{x}=158$, $SD=2,3$) und Laufen ($\bar{x}=157$, $SD=10,4$). Am ungenauesten war das Gerät beim schnellen Gehen ($\bar{x}=128$, $SD=4,1$).

Die Alta HR war ungenauer als die vivosmart 3, zeigte aber ebenfalls geringe Abweichungen vom Brustgurt. Die durchschnittliche Abweichung schwankt zwischen 0,2 und 5,8 Prozent. Die MW sind beim normalen Gehen nahezu gleich ($\bar{x}=103,8$, $SD=3,6$). Beim Joggen war die größte Abweichung zu beobachten ($\bar{x}=139$, $SD=8,2$). Bei der weiblichen Person beträgt die durchschnittliche Abweichung vom Brustgurt 1,9 bis 39,6 Prozent. Damit ist die Alta HR bei der Herzfrequenzmessung in Bezug auf die weibliche Person deutlich ungenauer. Einzig beim normalen Gehen wurde ein genauer Wert festgestellt ($\bar{x}=106$, $SD=10,1$) (siehe Tabelle 10).

Das Mi Band 3 weist die geringste Genauigkeit von allen Geräten bei der männlichen Person auf. Die Abweichungen schwanken hier zwischen 6,4 und 17,1 Prozent. Die größte durchschnittliche Abweichung von allen Geräten trat beim Laufen auf ($\bar{x}=126$, $SD=11,5$) und die geringste beim normalen Gehen ($\bar{x}=97$, $SD=4,1$). Eine bessere Genauigkeit bei zunehmender Geschwindigkeit oder Art der Aktivität ist bei keinem der Geräte zu verzeichnen. Die Genauigkeit nahm bei der weiblichen Person ab. Hier wurden prozentuale Abweichungen von vier bis 26,4 Prozent festgestellt. Nur beim normalen Gehen war eine akzeptable Abweichung vom Brustgurt erkennbar ($\bar{x}=100$, $SD=8,2$) (siehe Tabelle 10).

Die Ergebnisse bei 400 Schritten zeigen insgesamt, dass es sich bei auftretenden Messfehlern um eine Unterschätzung der Herzschlagfrequenz handelt.

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 400 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
Männlich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Suunto	103,6	1,1	113	6,4	147	3,2	152	5,9
Garmin vivosmart 3	101	1,9	113	6,9	146	2,9	147	7
Fitbit Alta HR	103,8	3,6	107	12,1	139	8,2	146	5,6
Xiaomi Mi Band 3	97	4,1	106	12,3	138	9	126	11,5
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Suunto	104	1,2	139	7	159	3,03	156	15,7
Garmin vivosmart 3	101	6,1	128	4,1	158	2,3	157	10,4
Fitbit Alta HR	106	10,1	84	19,4	125	27,6	127	21,2
Xiaomi Mi Band 3	100	8,2	101	7,6	117	15,4	132	13,5

Die folgenden Tabellen stellen die Ergebnisse der Herzschlagfrequenz in Bezug auf die statistische Signifikanz dar.

Die vivosmart 3 zeigte bei der Herzfrequenz bei einer Schrittzahl von 400 Schritten ein statistisch signifikantes Ergebnis beim normalen Gehen ($p=0,024$). Auffällig ist außerdem, dass beim schnellen Gehen aufgrund des identischen MW mit dem Brustgurt ein Signifikanzwert von 1 erreicht wurde. Bei der weiblichen Person zeigen die Ergebnisse ebenfalls, insbesondere beim Joggen und Laufen, keine signifikanten Ergebnissen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der geprüfte Zusammenhang dem Zufall geschuldet ist (siehe Tabelle 11).

Die Alta HR zeigt bei dem Teilnehmer in keinem der Settings Signifikanz. Mit einem p-Wert von 0,902 spricht dies ebenfalls stark für ein zufälliges Ergebnis.

Bei der Teilnehmerin finden sich signifikante Werte beim schnellen Gehen und beim Joggen ($p=0,005$, $p=0,047$). Beim normalen Gehen wurde ein Signifikanzwert von 0,709 beobachtet (siehe Tabelle 11). Folglich ist die Wahrscheinlichkeit eines zufälligen Ergebnisses hoch.

Das Mi Band 3 zeigt bei der männlichen Person signifikante Ergebnisse beim normalen Gehen und Laufen ($p=0,045$, $p=0,021$). Signifikante Ergebnisse waren bei der weiblichen Person in fast allen Settings vorzufinden. Einzig beim normalen Gehen konnte kein statistisch signifikantes Ergebnis nachgewiesen werden ($p=0,436$).

Tabelle 11: Darstellung der Signifikanz bei 400 Schritten Herzschlagfrequenz (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,024	1	0,426	0,388
Fitbit Alta HR	0,902	0,241	0,062	0,065
Xiaomi Mi Band 3	0,045	0,225	0,056	0,021
Weiblich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,276	0,037	0,573	0,661
Fitbit Alta HR	0,709	0,005	0,047	0,062
Xiaomi Mi Band 3	0,436	0,003	0,004	0,012

Bei 800 Schritten misst die vivosmart 3 in allen Settings mit der höchsten Genauigkeit und befindet sich in allen Settings dicht am Referenzwert. Die durchschnittliche Abweichung beträgt 1,1 bis 2,6 Prozent. Zudem ähnelt sich der MW beim Joggen mit dem MW vom Brustgurt stark ($\bar{x}=138$, $SD=9,3$). Die Abweichungen bei der weiblichen Person betragen 0,42 bis 3,9 Prozent. Die MW des Brustgurtes und des Trackers ähneln sich beim schnellen Gehen und Laufen stark (siehe Tabelle 12).

Die Alta HR konnte die Herzfrequenz bei der männlichen Person mit geringen Abweichungen genau ermitteln. Nur beim schnellen Gehen ($\bar{x}=88$, $SD=4,3$) lag die durchschnittliche Herzschlagfrequenz deutlich unter der des Brustgurt ($\bar{x}=110$, $SD=7,3$). Es konnte eine durchschnittliche Abweichung von 2,1 bis 20 Prozent ermittelt werden. Für die weibliche Person wurde eine Abweichung von drei bis 17,5 Prozent ermittelt. Am genauesten war der Tracker beim normalen Gehen ($\bar{x}=101$, $SD=6,1$). Die geringste Genauigkeit war beim Joggen erkennbar ($\bar{x}=132$, $SD=10,78$).

Das Mi Band 3 weicht im Durchschnitt bei 800 Schritten am größten vom Brustgurt ab, auch wenn die Abweichungen geringer sind als bei 400 Schritten. Beim schnellen Gehen zeigte der Tracker die größte Genauigkeit ($\bar{x}=114$, $SD=8,6$), beim Laufen die geringste Genauigkeit ($\bar{x}=137$, $SD=10,7$). Es liegen Abweichungen von 3,6 bis 14 Prozent vor. Bei der weiblichen Person weichen die Ergebnisse um 2 bis 23,1 Prozent vom Brustgurt ab. Am genauesten war das Mi Band 3 beim normalen Gehen ($\bar{x}=106$, $SD=1,1$). Die geringste Genauigkeit fiel beim Laufen auf ($\bar{x}=126$, $SD=21,6$).

Bei 800 Schritten tendierten die Geräte ebenfalls dazu die Herzschlagfrequenz überwiegend zu unterschätzen.

Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 800 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
Männlich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Suunto	96	2,9	110	7,3	138,4	7,2	159	3,6
Garmin vivosmart 3	95	11,3	113	6,1	138	9,3	155	7
Fitbit Alta HR	94	1,6	88	4,3	135	7,4	153	7
Xiaomi Mi Band 3	103	6	114	8,6	132	7,3	137	10,7
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Suunto	104	2	143,8	5	160	9,6	163,8	8,1
Garmin vivosmart 3	106	3	144,4	4,4	154	7,5	162,6	3,4
Fitbit Alta HR	101	6,1	125	7	132	10,8	153	18
Xiaomi Mi Band 3	106	1,1	126	13,4	130	6,2	126	21,6

Die Ergebnisse der vivosmart 3 sind bei beiden Geschlechtern nicht signifikant und deuten auf ein zufälliges Ergebnis.

Die Alta HR zeigt bei der männlichen Person signifikante Ergebnisse beim schnellen Gehen und beim Joggen ($p=0,003$, $p=0,001$). Gleiches trifft auf die weibliche Person zu ($p=0,018$, $p=0,02$).

Das Mi Band 3 weist bei der männlichen Person ausschließlich beim Laufen ein signifikantes Ergebnis auf ($p=0,007$). Bei der weiblichen Person konnte lediglich beim normalen Gehen kein statistisch signifikantes Ergebnis beobachtet werden ($p=0,244$).

Tabelle 13: Darstellung der Signifikanz bei 800 Schritten Herzschlagfrequenz
(Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,701	0,212	0,688	0,127
Fitbit Alta HR	0,080	0,003	0,001	0,054
Xiaomi Mi Band 3	0,054	0,279	0,319	0,007
Weiblich	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Garmin vivosmart 3	0,313	0,374	0,263	0,618
Fitbit Alta HR	0,188	0,018	0,020	0,210
Xiaomi Mi Band 3	0,244	0,062	0,007	0,026

Bei Betrachtung der Ergebnisse in Tabelle 14 ist erkennbar, dass alle drei Fitness Tracker die Herzschlagfrequenz bei dem Teilnehmer überwiegend mit einer guten Genauigkeit erfassen. Die vivosmart 3 zeigte die größte Genauigkeit und befindet sich in drei Settings dicht am MW des Brustgurtes. Die größte Genauigkeit ist beim schnellen Gehen zu erkennen ($\bar{x}=124,6$, $SD=6,8$). Die geringste Genauigkeit trat beim Joggen auf ($\bar{x}=154$, $SD=5,9$). Die Abweichungen betragen 0,2 bis 10,4 Prozent. Eine hohe Genauigkeit zeigt die vivosmart 3 ebenfalls bei der weiblichen Person. Am genauesten war der Tracker beim schnellen Gehen ($\bar{x}=139$, $SD=14,3$) und Joggen ($\bar{x}=165,2$, $SD=6,5$). Die Abweichungen liegen hier zwischen 0,1 und 2,5 Prozent.

Die Alta HR weicht beim Teilnehmer überwiegend geringfügig vom Brustgurt ab. Die größte Genauigkeit wurde beim normalen Gehen ermittelt ($\bar{x}=102$, $SD=4,8$) und die geringste beim Joggen ($\bar{x}=151$, $SD=5,1$). Die Abweichungen vom Brustgurt liegen insgesamt zwischen 1,6 und 9,4 Prozent. Die Ergebnisse zeigen bei der weiblichen Teilnehmerin deutliche Auffälligkeiten. Die größte Genauigkeit war beim schnellen Gehen erkennbar ($\bar{x}=123$, $SD=15,6$) und die geringste beim Laufen ($\bar{x}=130$, $SD=17,3$). Die Abweichungen liegen im Bereich von 16 bis 26,7 Prozent.

Das Mi Band 3 zeigte bei der männlichen Person eine hohe Übereinstimmung mit dem Brustgurt beim normalen Gehen ($\bar{x}=102,8$, $SD=2,9$). Die geringste Übereinstimmung mit dem Brustgurt war beim Joggen zu verzeichnen ($\bar{x}=146$, $SD=13,3$) (siehe Tabelle 14). Die prozentuale Abweichung liegt insgesamt zwischen 0,8 und 5,8 Prozent. Bei der weiblichen

Person konnten in keinem Setting zuverlässige Ergebnisse bei der Herzschlagfrequenz nachgewiesen werden. Die größte Genauigkeit ist beim normalen Gehen zu beobachten ($\bar{x}=111$, $SD=9$) und die geringste beim Joggen ($\bar{x}=125$, $SD=4,2$). Die Abweichungen betragen hier 8,3 bis 24,2 Prozent.

Tabelle 14: Mittelwerte und Standardabweichungen Herzschlagfrequenz bei 1000 Schritten (Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h		6,3 km/h		11 km/h		12,4 km/h	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Männlich								
Suunto	103,6	4,9	124,4	5	138	7,2	155	3
Garmin vivosmart 3	104,4	4,8	124,6	6,8	154	5,9	156	3,8
Fitbit Alta HR	102	4,8	120	2,8	151	5,1	144	4,8
Xiaomi Mi Band 3	102,8	2,9	117,4	6,8	146	13,3	149	6,3
Weiblich	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Suunto	121	4,2	138,8	11,18	165	5,5	175	2,7
Garmin vivosmart 3	124	3	139	14,3	165,2	6,53	172	9
Fitbit Alta HR	100	3,6	123	15,7	130	15,9	130	17,3
Xiaomi Mi Band 3	111	9	128	21,1	125	4,24	141	9,2

Tabelle 15 stellt die Ergebnisse der Herzfrequenzmessung in Bezug auf die Signifikanz bei 1000 Schritten dar.

Die vivosmart 3 zeigt in nur einem Setting statistische Signifikanz bei der Herzfrequenzmessung, die jedoch dicht am kritischen Wert liegt ($p=0,049$). Keine statistische Signifikanz zeigen die Ergebnisse der weiblichen Person. Alle Werte liegen deutlich über dem kritischen Wert ($p=0,05$).

Signifikanz konnte bei der Alta HR beim schnellen Gehen und beim Laufen nachgewiesen werden ($p=0,011$, $p=0,009$). Die Ergebnisse bei der weiblichen Person sind in allen Settings, bis auf das schnelle Gehen ($p=0,164$), statistisch signifikant (siehe Tab. 15).

Ein signifikantes Ergebnis kann mit dem Mi Band 3 bei der männlichen Person nur beim Laufen festgestellt werden ($p=0,025$). Ein höchst signifikantes Ergebnis ist bei der weiblichen Person beim Joggen zu erkennen ($p<0,001$). Ebenfalls liegt eine sehr hohe Signifikanz beim Laufen vor ($p=0,001$) (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Darstellung der Signifikanz bei 1000 Schritten Herzschlagfrequenz
(Quelle: eigene Darstellung)

Fitness Tracker	4,8 km/h	6,3 km/h	11 km/h	12,4 km/h
Männlich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,456	0,587	0,049	0,298
Fitbit Alta HR	0,294	0,011	0,087	0,009
Xiaomi Mi Band 3	0,807	0,09	0,446	0,025
Weiblich	p	p	p	p
Garmin vivosmart 3	0,188	0,911	0,778	0,317
Fitbit Alta HR	0,001	0,164	0,006	0,006
Xiaomi Mi Band 3	0,122	0,133	<0,001	0,001

5.3 Vergleich der Schrittzählung unter Feldbedingungen

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse aus der in Kapitel 4 vorgestellten Untersuchung aufgezeigt. Dabei werden die Schrittzahlen von vier Teilnehmerinnen verglichen, die die Garmin vivosmart 3 und das Xiaomi Mi Band 3 über einen Zeitraum von vier Wochen gleichzeitig an jeweils einem Handgelenk trugen. Es werden die Mittelwerte und Differenzen für jeden Teilnehmer dargestellt, die sich aus der Gesamtschrittzahl pro Teilnehmerin und Gerät ergeben. Abschließend wird anhand der Gesamtschrittzahl die Abweichung beider Geräte voneinander gegenübergestellt.

Mittelwerte der vivosmart 3 und des Mi Band 3

Abbildung 11 zeigt die Mittelwerte der einzelnen Geräte bei jeder Teilnehmerin. Dabei ist zu erkennen, dass die vivosmart 3 bei allen Teilnehmerinnen mehr Schritte zählte als das Mi Band 3. Die Differenzen sind gering und liegen im Bereich von 0,7 bis 2,1 Prozent. Dem Anhang D kann entnommen werden, dass die vivosmart 3 konstant mehr Schritte zählte und in nur zwei Fällen (Teilnehmerin A, Tag 21 und 24) weniger Schritte erfasste als das Mi Band 3.

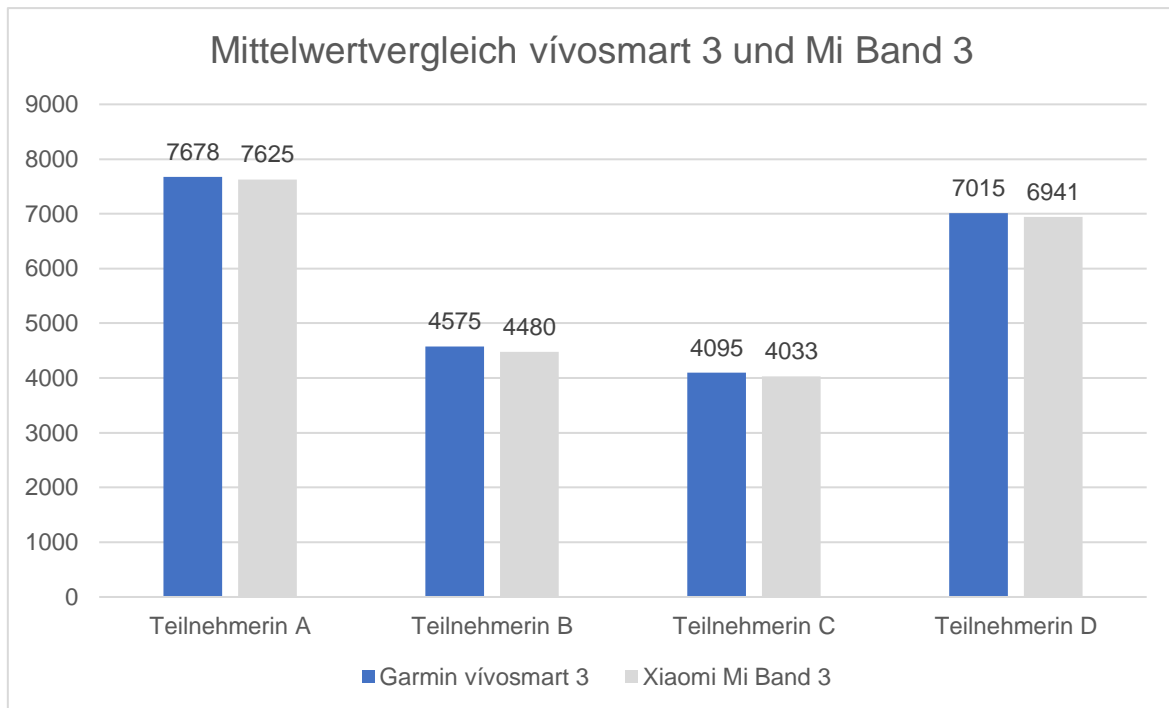


Abbildung 11: Mittelwertvergleich der vivosmart 3 und des Mi Band 3 pro Teilnehmerin
(Quelle: eigene Darstellung)

Vergleich der Gesamtschrittzahlen

Die Gesamtschrittzahlen zeigen ebenfalls, dass die Garmin vivosmart 3 bei allen Teilnehmerinnen mehr Schritte zählte als das Mi Band 3. Die Differenz unter den beiden Geräten bei Teilnehmerin A beträgt 1474 Schritte. Eine Differenz von 2765 Schritten liegt bei Teilnehmerin B vor. Teilnehmerin C zeigt eine Differenz von 1792 Schritten und bei Teilnehmerin D ist eine Differenz von 2162 Schritten zu beobachten (siehe Abb.12). In Anbetracht der Gesamtschrittzahl, sind die Differenzen als gering zu deuten. Erkennbar ist dies auch bei Betrachtung der einzelnen Tage, in denen Abweichungen von unter 200 Schritten auftraten (siehe Anhang D).

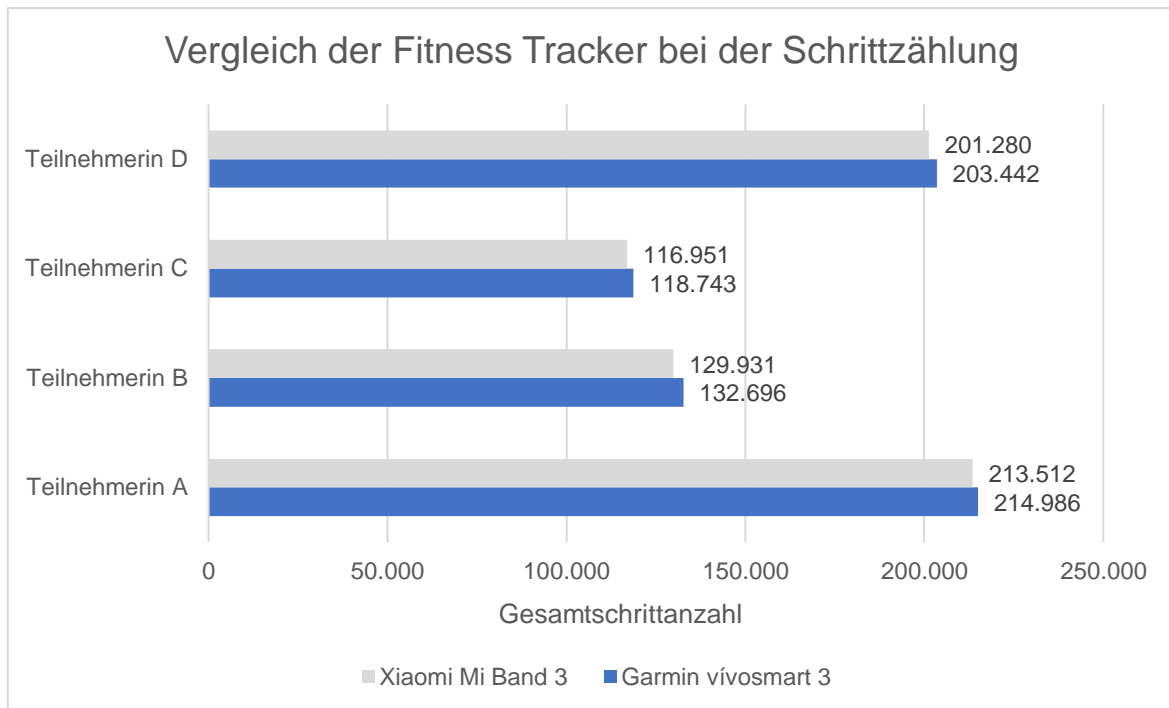


Abbildung 12: Vergleich des Mi Band 3 und der vivosmart 3 bei der Schrittzählung (Gesamtschrittzahl) (Quelle: eigene Darstellung)

6. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, die Messgenauigkeit von am Handgelenk tragbaren Fitness Trackern in unterschiedlichen Settings zu ermitteln. Als Parameter galten die Schrittzahl und die Herzschlagfrequenz. Die Tracker wurden beim normalen und schnellen Gehen sowie beim Joggen und Laufen bei unterschiedlichen Schrittzahlen (400, 800 und 1000) getestet. Folgend werden die Ergebnisse sowie die Methodik diskutiert und abschließend Limitationen dieser Arbeit aufgezeigt.

6.1 Ergebnisdiskussion

In Bezug auf die Forschungsfrage: „Wie genau können Fitness Tracker die Anzahl der Schritte und die Herzschlagfrequenz in unterschiedlichen Settings ermitteln?“ zeigen die Ergebnisse, dass Fitness Tracker teilweise in einigen Settings eine hohe Genauigkeit bei der Erfassung der Schrittzahl unter Laborbedingungen aufweisen. Entgegen der hier dargelegten Literatur, konnte lediglich in wenigen Fällen eine Zunahme der Genauigkeit bei höherer Geschwindigkeit bezüglich der Schrittzählung festgestellt werden. Dies trat vorwiegend bei der Teilnehmerin bei 800 und 1000 Schritten auf und wurde bei dem Mi Band 3 beobachtet (siehe Tabelle 6 und 8). In nur einem Fall wurde dies bei der Alta HR beobachtet (siehe Tabelle 6). Die Abweichungen vom Goldstandard waren bei der Garmin vivosmart 3

und dem Xiaomi Mi Band 3 bei dem Teilnehmer am geringsten. Die Fitbit Alta HR dagegen ist durch deutliche Abweichungen bei der Schrittzählung gekennzeichnet. Die aufgeführten Studien kamen zu dem Ergebnis, dass Fitness Tracker eine Tendenz zur besseren Genauigkeit bei höheren Geschwindigkeiten aufweisen (Bunn et al, 2018; Fokkema et al., 2017; Chow et al., 2017). Dies trat bei der vivosmart 3 nicht auf. Der Mittelwert stieg bei 400 Schritten mit zunehmender Geschwindigkeit leicht. Die Mittelwerte bei 800 und 1000 Schritten variierten, sodass hier keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden kann, ob die vivosmart 3 bei höheren Geschwindigkeiten ungenauer wird. Auch bestätigen die Fitbit Alta HR und das Mi Band 3 nicht ausreichend die Ergebnisse der Studien, dass eine höhere Geschwindigkeit mit einer besseren Genauigkeit einhergeht. Fehaan et al. (2018) nennen die Trageposition der Tracker bei unterschiedlichen Aktivitäten als beeinflussenden Faktor für die Genauigkeit. In Anbetracht dessen, dass Fitness Tracker üblicherweise am Handgelenk zu tragen sind, scheint diese Aussage nicht sinnvoll zu sein, auch wenn dadurch die Genauigkeit erhöht werden kann. Zudem entfällt die Herzfrequenzmessung teilweise. Im Folgenden wird näher auf die Genauigkeit der Geräte bei der Schrittzählung eingegangen.

Genauigkeit bei der Schrittzählung

Die bestmögliche Übereinstimmung mit dem Goldstandard bei der Erfassung der Schrittzahl zeigte die Garmin vivosmart 3. Bei einer Schrittzahl von 400 lagen die Werte in allen Durchgängen dicht am Goldstandard. Ebenfalls traten die geringsten SD auf. Der Tracker konnte die Schrittzahl beim normalen und schnellen Gehen besonders genau erfassen. So gleichen sich die Ergebnisse mit denen von Bunn et al. (2018), die zu dem Ergebnis kamen, dass die erste Generation der vivosmart bei unterschiedlichen Gehgeschwindigkeiten die Schrittzahl genau erfasst. Lediglich beim Laufen nahmen die Abweichungen leicht zu, auch wenn diese gering waren. Zudem zeigen die Ergebnisse bei 800 und 1000 Schritten eine hohe Genauigkeit des Trackers bei der Schrittzählung. Fokkema et al. (2017) stellten fest, dass die erste Generation der vivosmart bei 6,4 km/h keine validen Ergebnisse erbrachte. Dies traf nicht auf die vivosmart 3 zu, weshalb geschlussfolgert werden kann, dass eine Verbesserung in der Genauigkeit bei dem aktuelleren Modell vorliegt.

Bei der Messung der männlichen Person kommt es zu einer Überschätzung der Schrittzahl und bei der weiblichen Person zu einer Unterschätzung. Die Ursache dafür ist unklar. Unterschiedliche Bewegungsmuster könnten diese Auffälligkeit erklären. Jeder Mensch hat eine individuelle Gangart und unterscheidet sich in seinen Armbewegungen. Den Herstellern ist es nicht möglich, die Geräte auf jedes einzelne Individuum mit ihrem unterschiedlichen Bewegungsmustern abzustimmen. Vielmehr wird vermutlich versucht den

Durchschnitt abzudecken. Wenn die Geräte wie die vivosmart 3 die Schrittzahl nur leicht unter- oder überschätzen, ist dies für die meisten Nutzenden von geringer Bedeutung. Entgegen der Ergebnisse aus mehreren Studien (Bunn et al. 2018; Chow et al. 2017; Fokkema et al., 2017), die Fitness Trackern eine bessere Genauigkeit bei höheren Geschwindigkeiten zuschreiben, wurde die vivosmart 3 mit zunehmender Geschwindigkeit bei dem Teilnehmer ungenauer. Die Abweichungen waren aber in Bezug auf die Gesamtschrittzahl gering. Die Genauigkeit nahm bei der Teilnehmerin bei zunehmender Geschwindigkeit leicht zu. Da die Differenzen grundsätzlich gering waren und alle Mittelwerte sich untereinander nur leicht unterscheiden, wird dieser Annahme kein großer Wahrheitsgehalt zugesprochen. Wahl et al. (2017) zeigten zudem, dass die dort getesteten Tracker von Garmin bei allen Geschwindigkeiten die höchste Genauigkeit bei der Schrittzählung aufzeigten. So decken sich die Ergebnisse der Studie mit den hier dargestellten Ergebnissen. Allerdings muss den Schlussfolgerungen von Wahl et al. (2017) in Bezug auf die hohe Genauigkeit der Fitbit Geräte widersprochen werden. Denn die größten Auffälligkeiten zeigte die Fitbit Alta HR.

Der Tracker zählte bei beiden Geschlechtern in fast allen Settings deutlich weniger Schritte als die vivosmart 3 und das Mi Band 3. Dieser zeigte bei 400 Schritten die größten Abweichungen von allen Trackern und wies die größten SD auf. Bei 800 Schritten wurde der Tracker genauer, unterschätzte aber vor allem bei der weiblichen Person die Schrittzahl. Zwar nahm die Genauigkeit beim Joggen und Laufen zu, jedoch reichen diese Ergebnisse nicht aus, um eine Aussage darüber zu treffen, ob die Geschwindigkeit oder die Aktivität dafür verantwortlich waren. Außerdem sind die SD im Vergleich zur vivosmart 3 deutlicher höher. Eine zunehmende Genauigkeit bei höherer Geschwindigkeit war nur bei 1000 Schritten zu beobachten (siehe Tabelle 8). Da dies ein Einzelfall war, kann nicht eindeutig gesagt werden, ob die Geschwindigkeit oder die Art der Tätigkeit Einfluss auf die Genauigkeit des Trackers hatten. Damit widersprechen die Ergebnisse in dieser Arbeit denen von Chow et al. (2017), die feststellten, dass die Genauigkeit von Fitbit Geräten ab einer Geschwindigkeit von 10 km/h steigt. Es fiel auf, dass der Tracker beim normalen Gehen bei 1000 Schritten (männliche Person) mehr Schritte zählte, obwohl dieser in allen anderen Settings die Schrittzahl unterschätzte. Dieser Effekt trat weder bei der Teilnehmerin noch in einem anderen Setting auf. Daher ist fraglich, wo die Ursache für diese Messfehler liegt. Zudem wies der Tracker Verbindungsfehler bei der Teilnehmerin auf, die sich durch das Aussetzen der Erfassung relevanter Herzfrequenzdaten kennzeichneten, sodass die Durchgänge wiederholt werden mussten. Es ist denkbar, dass diese Fehler ebenfalls auf den Beschleunigungssensor zutreffen könnten. Insgesamt tendiert die Fitbit Alta HR aber dazu konstant weniger Schritte zu zählen. Selbiges deckt sich auch mit den Ergebnissen von Feehan et

al. (2018) und Evenson et al. (2018), denn auch hier wurde festgestellt, dass Fitbit Geräte die Schrittzahl unterschätzen. Bunn et al. (2018) stellten zudem fest, dass Fitbit Geräte ungeeignet für die Schrittzählung sind. Diesem Ergebnis kann überwiegend zugestimmt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Fitbit Alta HR zwar in gewissen Settings akzeptable Abweichungen vom realen Wert zeigt, die Messgenauigkeit bei der Schrittzählung aber von sichtbaren Schwankungen in allen Settings gekennzeichnet ist. Daher kann geschlussfolgert werden, dass die Fitbit Alta HR als nicht ausreichend zuverlässig hinsichtlich der Schrittzählung gilt. Deutliche Schwankungen wies der Tracker außerdem bei der Teilnehmerin auf.

Das Xiaomi Mi Band 3 zeigte bei der männlichen Person in allen Settings eine hohe Genauigkeit bei der Schrittzählung. Die Settings hatten keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit des Trackers. Die Genauigkeit nahm bei der weiblichen Person in allen Settings aber sichtbar ab. Bei 400 Schritten zeigten die MW bei der Teilnehmerin größere Abweichungen vom realen Wert. Die Abweichungen sind aber unter Berücksichtigung der Gesamtschrittzahl akzeptabel. Der Tracker war bei 800 und 1000 Schritten beim Teilnehmer teilweise genauer als die vivosmart 3 und zeigte demnach geringe Differenzen. Diese nahmen bei der weiblichen Person sichtbar zu. Während beim normalen Gehen (800 Schritte) eine Differenz von 90 Schritten und beim schnellen Gehen eine Differenz von 120 Schritten auftrat, nahm die Genauigkeit beim Joggen und Laufen zu. Bei geringeren Geschwindigkeiten wurden die Schritte unterschätzt, aber eine zunehmende Genauigkeit bei höheren Geschwindigkeiten festgestellt. Dieser Effekt konnte bei der Teilnehmerin ebenso bei 1000 Schritten teilweise festgestellt werden. Der Tracker tendierte beim Teilnehmer zu einer Unterschätzung sowie Überschätzung der Schritte. Bei der Teilnehmerin war eine konstante Unterschätzung der Schrittzahl zu erkennen. Bei der weiblichen Person wurden die Abweichungen vom Referenzwert insgesamt deutlich größer. Ursachen dafür werden im Folgenden unter Einbeziehung des Geschlechts aufgeführt.

Geschlechterunterschiede Schrittzahl

Die Tracker zeigen deutliche Auffälligkeiten in Bezug auf das Geschlecht. Bei der weiblichen Person waren, bis auf die vivosmart 3, alle Tracker deutlich ungenauer als bei der männlichen Person. Auffällig war dies speziell beim Mi Band 3 bei 800 und 1000 Schritten sowie bei der Alta HR bei allen Schrittzahlen. Während die Geräte bei der männlichen Person überwiegend mit einer hohen Genauigkeit überzeugten und nur leichte Abweichungen vom Goldstandard aufwiesen, zählten beide Tracker auffällig weniger Schritte bei der weiblichen Person und wurden zunehmend ungenauer. Große Abweichungen waren bei 400 (Alta HR), 800 und 1000 Schritten (Mi Band 3) beim normalen und schnellen Gehen

festzustellen. Die Ursache dafür lässt sich nicht eindeutig erklären. Es kann vermutet werden, dass dies auf verschiedene Faktoren zurückzuführen ist, wie in Kapitel 2.7 erläutert. So kann die Beschleunigung der Arme oder die Art der Armbewegungen ein beeinflussender Faktor gewesen sein. Fokkema et al. (2017) stellten fest, dass die dort getesteten Tracker Armbewegungen aufgrund der geringeren Geschwindigkeit nicht optimal erfassen konnten. Die durchschnittliche Geschwindigkeit beim normalen Gehen betrug aber in dieser Arbeit 4,8 km/h und nicht 3,2 km/h. Es ist möglich, dass die weibliche Person langsamer und nicht konstant mit einer Geschwindigkeit von 4,8 km/h ging und deshalb die Tracker die Beschleunigung nicht optimal erfassen konnten. Das würde aber auch auf die männliche Person zutreffen. Da die Hersteller wie in Kapitel 2.6.1 und 2.7 erklärt, verschiedene Algorithmen in ihren Geräten verwenden, kann dies auf einen Algorithmus hindeuten, der Schwierigkeiten bei der Erfassung von Beschleunigungen bei geringeren Geschwindigkeiten hat. Denkbar ist dies bei dem deutlich günstigeren Mi Band 3. Damit könnte auch die höhere Genauigkeit beim Joggen und Laufen erklärt werden. In Bezug auf die Forschungsfrage ist zu schlussfolgern, dass die Bewegungsgeschwindigkeit wahrscheinlich einen Einfluss auf die Messgenauigkeit der Tracker haben kann. Es bleibt fraglich, warum diese Messfehler besonders bei der weiblichen Person und nicht bei der männlichen Person auftraten, obwohl der Teilnehmer denselben Bedingungen unterworfen war. Wenn die Messfehler auf die Bewegungsgeschwindigkeit zurückzuführen sind, kann dies vor allem fehlerhafte Daten für Menschen mit geringerer Gehgeschwindigkeit erzeugen.

Das Geschlecht hatte bei der vivosmart 3 nur einen geringen Einfluss auf die Messgenauigkeit, die sich mit einer Unterschätzung der Schrittzahl äußerte. Die vivosmart 3 überschätzte und das Mi Band 3 über- und unterschätzte bei der männlichen Person die Schrittzahl. Bei der weiblichen Person unterschätzte der Tracker die Schrittzahl. Die Alta HR unterschätzte bei beiden Geschlechtern die Schrittzahl in fast allen Settings. Die vivosmart 3 zeigte in allen Settings die geringsten SD, die Alta HR die größten SD.

Genauigkeit bei der Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz kann mit der vivosmart 3 und der Alta HR bei der männlichen Person überwiegend zuverlässig aufgezeichnet werden. Die MW beider Geräte lagen größtenteils eng am MW des Brustgurtes. Die Alta HR zeigte aber größere Differenzen und SD. Besonders genau war die vivosmart 3. Der Tracker zeigte im Großteil der Settings bei beiden Geschlechtern eine hohe Genauigkeit bei der Herzfrequenzmessung. Die MW kongruieren teilweise mit dem Brustgurt (siehe Tabelle 10, 12 & 14). Darüber hinaus waren die Abweichungen insgesamt gering. Die größte Abweichung vom Brustgurt wurde beim Laufen über 1000 Schritte beobachtet (siehe Tab. 6). Es konnte kein Einfluss der Schrittzahl oder Aktivität auf die Messgenauigkeit beobachtet werden. Dies zeigt, dass die vivosmart

3 hinsichtlich der Herzfrequenzmessung zuverlässig für verschiedene Aktivitäten eingesetzt werden kann. Garmin verweist darauf, dass die Herzfrequenzmessung während einer ausgewählten Aktivität dauerhaft eingeschaltet ist und der Tracker dadurch mehr Daten wiedergibt. Je mehr Herzfrequenzdaten während einer Aktivität erfasst werden, desto genauere Ergebnisse erhält der Nutzer (Garmin, o.J., o.S.). Da die Messung der Herzfrequenz bei Alltagsaktivitäten nicht dauerhaft eingeschaltet ist, ist fraglich, wie genau die über den Alltag erfassten Daten sind. Es liegt die Vermutung nahe, dass jene aufgrund der nicht frequenten Messung ungenauer sein werden.

Die Hautfarbe hatte keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit der vivosmart 3. Demnach korreliert in dieser Arbeit im Gegensatz zu den Ergebnissen von Shcherbina et al. (2017), eine dunklere Hautfarbe nicht mit größeren Fehlerraten bei der Messung der Herzschlagfrequenz. Da nur eine Person mit dunklerer Haut untersucht wurde und keine Person dunkleren Hauttyps, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Hautfarbe tatsächlich ein beeinflussender Faktor ist. Hier müssen weitere Studien ansetzen.

Die Fitbit Alta HR zeigte ebenfalls eine gute Genauigkeit bei der Ermittlung der Herzschlagfrequenz bei dem Teilnehmer, hatte jedoch größere Abweichungen als die Garmin vivosmart 3. Beim normalen Gehen über 400 Schritte wurden die größte Messgenauigkeit festgestellt. (siehe Tabelle 10). Die größte fehlerhafte Wert zeigte sich beim schnellen Gehen über 800 Schritte (siehe Tabelle 12). Da es sich hierbei um einen Einzelfall handelt und Messfehler jederzeit aufgrund von zahlreichen Faktoren auftreten können, ist diesem Wert eine geringe Relevanz zuzusprechen. Die Settings hatten keinen merkbaren Einfluss auf die Genauigkeit des Trackers. Bei der Teilnehmerin wurde festgestellt, dass der Tracker bei 1000 Schritten die geringste Genauigkeit zeigte und eine verminderte Genauigkeit speziell beim Joggen und Laufen auftrat (siehe Tabelle 14). Die größte durchschnittliche Abweichung betrug bei dem Teilnehmer 20 Prozent und bei der Teilnehmerin 39,6 Prozent. Diese Abweichungen sind nicht mehr tolerabel und zeigen eine deutliche Abweichung vom Brustgurt. Wie bereits erwähnt, hatte der Tracker zudem Schwierigkeiten in mehreren Durchgängen die Herzschlagfrequenz bei der Teilnehmerin konstant aufzuzeichnen. Die Alta HR zeigte teilweise keine Herzschläge an und musste diese wiederholt neu ermitteln. Möglicherweise kann dieses Problem auf die Hautfarbe zurückzuführen sein und die verminderte Genauigkeit bei der Teilnehmerin erklären. Dieses Problem trat mit der vivosmart 3 bei beiden Geschlechtern und mit der Alta HR beim Teilnehmer nicht auf. Es fiel aber auf, dass trotz dessen, der Tracker die Herzschlagfrequenz nur beim normalen Gehen bei 400 und 800 Schritten sehr genau ermitteln konnte, aber in allen anderen Settings ungenau war. Auch bei der männlichen Person zeigte der Tracker die größte Genauigkeit beim normalen Gehen. Das lässt darauf schließen, dass die Alta HR für Aktivitäten mit geringer

Geschwindigkeit besser geeignet ist, als für Aktivitäten mit stärkerer Intensität. Auch die Ergebnisse von Bunn et al. (2018) und Ricchio et al. (2018) bestätigen, dass eine zunehmende Intensität der Aktivität und stärkere Armbewegungen mit größeren Fehlerraten der Tracker bei der Herzfrequenzmessung einhergehen (Bunn et al., 2018, S. 503; Ricchio et al. 2018, S. 62). Weiterhin konnten Jo et al. (2016) nachweisen, dass ein Fitbit Gerät unter geringer physischer Anstrengung die Herzfrequenz genauer ermittelt als bei zunehmender körperlicher Anstrengung. Da es sich hierbei um ein anderes Modell handelt, ist fraglich wie sehr die Ergebnisse auf die Alta HR anwendbar sind. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Alta HR weiter untersucht werden muss, da der Tracker bei der männlichen Person die Herzfrequenz überwiegend zuverlässig aufzeichnen konnte, aber bei der weiblichen Person in den meisten Settings deutlich an Genauigkeit abnahm. Letztendlich kann auf Basis dieser Ergebnisse der Tracker als nicht zuverlässig für unterschiedliche Settings hinsichtlich der Herzfrequenzmessung eingestuft werden.

Das Mi Band 3 zeigte keine konstante Präzision bei der Ermittlung der Herzschlagfrequenz und schwankte zwischen einer mittleren bis niedrigen Genauigkeit. Die Abweichungen dieses Trackers vom Referenzmessgerät sind demnach am stärksten. Bereits beim Laufen bei 400 Schritten fiel das Mi Band 3 mit der geringsten Genauigkeit auf und zeigte MW und SD die deutlich vom Brustgurt abwichen (siehe Tabelle 10). Speziell beim Laufen nahmen die Abweichungen vom Brustgurt merkbar zu. Lediglich beim normalen Gehen konnte das Mi Band 3 die Herzfrequenz mit tolerablen Differenzen ermitteln. Auch hier besteht die Vermutung, dass der Tracker für intensive Aktivitäten oder Aktivitäten mit stärkeren Armbewegungen ungeeignet ist. Der Tracker hatte außerdem insgesamt in allen Settings Schwierigkeiten die genaue Herzschlagfrequenz zu ermitteln. Auch bei der weiblichen Person nahm die Genauigkeit ab. Daher kann dieser Tracker nicht als zuverlässig für die Herzfrequenzmessung eingestuft werden. Die höchste beobachtete durchschnittliche Abweichung vom Brustgurt betrug bei dem Teilnehmer 17,1 und bei der Teilnehmerin 26,4 Prozent. Ein geringer Preis könnte in diesem Fall auch für eine geminderte Qualität stehen. Xie et al. (2018) fanden in ihrer Studie heraus, dass das Mi Band 2 zwar Schritte zuverlässig aufzeichnet, dagegen aber bei Herzfrequenzmessung ungenau war. Demnach kann diesen Ergebnissen zugestimmt werden, denn die nächste Generation, das Mi Band 3, konnte keine sichtbare Verbesserung zum Vorgänger darstellen und schnitt auch hier mit der geringsten Messgenauigkeit bei der Herzschlagfrequenz ab.

Insgesamt haben alle Fitness Tracker eine Tendenz die durchschnittliche Herzschlagfrequenz überwiegend zu unterschätzen. Ebendiese Unterschätzung der Herzschlagfrequenz kann zu einer Überschätzung der Nutzer und Nutzerinnen beim Sport führen, wenn sie sehen, dass ihre angestrebte Herzfrequenz nicht erreicht wurde. Sportler trainieren in

unterschiedlichen Herzfrequenzbereichen, um ihre Leistung zu erhöhen oder konstant zu halten. Die Alta HR und das Mi Band 3 können hier zu deutlichen Verzerrung führen und die Nutzer bei der Erreichung ihrer Ziele einschränken.

Geschlechterunterschiede Herzschlagfrequenz

Unter Einbeziehung des Geschlechts in Bezug auf die Ermittlung der Herzschlagfrequenz lässt sich feststellen, dass auch hier Unterschiede bei der Messgenauigkeit erkennbar sind. Die Geräte konnten die Herzschlagfrequenz bei der männlichen Person größtenteils mit einer hohen Genauigkeit erfassen. Bei der weiblichen Person gab es hingegen deutliche Abweichungen bei der Alta HR und dem Mi Band 3. Dies zeigte sich vor allem bei schnelleren Geschwindigkeiten. Die Abweichungen können nicht mehr als akzeptabel angesehen werden, da die Tracker einen Wert zeigen, der sich deutlich vom tatsächlichen Wert abhebt und die Nutzer beispielweise bei ihrem sportlichen Fortschritt deutlich negativ beeinflussen kann. Falsche Gesundheitsdaten können mit falschem Trainingsverhalten resultieren. Die vivosmart 3 zeigte keine Geschlechterunterschiede und die geringsten SD und war bei der weiblichen Person teilweise genauer als bei der männlichen. Unklar ist, warum dieser als einziger Tracker nicht derartigen Schwankungen unterworfen war. Eventuell kann dieses Problem auf die optischen LED Sensoren zurückzuführen sein. Verglichen mit dem Mi Band 3 und der Alta HR, ist das grüne LED Licht der vivosmart sichtbar stärker. Dadurch können die Lichtimpulse vermutlich besser die Hautoberfläche durchdringen. Das würde auch erklären, warum die vivosmart 3 am genauesten bei der Herzfrequenzmessung war und die anderen beiden Geräte Schwierigkeiten bei der weiblichen Person mit dunklerer Hautfarbe hatten. Allerdings wurde in keiner Studie über diese Auffälligkeit berichtet. Hier müssen weitere Nachforschungen betrieben werden. Nicht nur die Hautfarbe kann als Grund für Messfehler angesehen werden, sondern auch der Sitz des Trackers. Der Druck zwischen dem Sensor und der Hautoberfläche kann die Wellenform beeinflussen und sich somit signifikant auf die Qualität des Signals auswirken, so Jo et al. (2016). Des Weiteren muss bedacht werden, dass die Herzschlagfrequenz grundsätzlich von zahlreichen Störfaktoren wie der Tagesform, Uhrzeit, Jahreszeit sowie dem Wetter bedingt ist.

Da auffiel, dass die Alta HR und das Mi Band 3 bei der weiblichen Person bereits deutlich ungenauer ab dem schnellen Gehen wurden, kann die Frage aufgestellt werden, ob der Trainingszustand der weiblichen Person gepaart mit schnelleren Armbewegungen ebenfalls ursächlich für die Messfehler sein könnte. Bei Betrachtung der Werte ist festzustellen, dass die weibliche Person untrainierter ist und bereits beim schnellen Gehen einen hohen Puls hatte. Daher kann vermutet werden, dass die Tracker, insbesondere die Fitbit Alta HR und das Xiaomi Mi Band 3, bei schnelleren Aktivitäten den Puls nicht optimal erfassen können, wenn dieser bereits hoch ist. So kann den Ergebnissen von Bunn et al. (2018)

zugestimmt werden, dass die Fehlerrate bei zunehmender Intensität der Aktivität und stärkeren Armbewegungen zunimmt. Ebenso verbinden Shcherbina et al. (2017) eine höhere Fehlerrate bei der Herzfrequenzmessung mit Anstieg der Intensität. Die Ergebnisse sind nur auf die weibliche Person übertragbar, da die Auffälligkeiten bei der männlichen Person nicht auftraten. Ein signifikanter Einfluss der Intensität oder Art der Aktivität auf die Herzfrequenzmessung, war bei beiden Geschlechtern mit der vivosmart 3 nicht zu erkennen. Allerdings stellten Shcherbina et al. (2017) fest, dass das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Fehleranfälligkeit hatte. Hier korrelierte das männliche und nicht das weibliche Geschlecht mit höheren Fehlerraten. Demnach bleibt die tatsächliche Ursache für diesen Effekt ungeklärt. Weitere Nachforschungen mit mehr Teilnehmenden müssen folgen.

Da die Anzahl der Durchgänge in dieser Arbeit jedoch gering war, kann die Annahme nicht endgültig widerlegt werden. Hier müssen weitere Studien mit einer größeren Anzahl an Durchgängen durchgeführt werden.

Die hier getesteten Fitness Tracker können unter Laborbedingungen die Schritte und Herzfrequenz größtenteils genau erfassen. Da hier nur über eine festgelegte Schrittzahl, bei unterschiedlichen Aktivitäten gemessen wurde, ist fraglich, wie genau die Daten im Alltag erfasst werden. Da die Geräte Armbewegungen erfassen, können über den Tag verteilt zahlreiche Schritte gezählt werden, wenn es sich nicht um tatsächliche Schritte, sondern beispielweise Geschirrwaschen handelt. Diese Vermutung stützt die Studie von Feehan et al. (2018), die Fitbit Geräten eine Unterschätzung der Schrittzahl unter kontrollierten Bedingungen und eine Überschätzung der Schritte im Alltag zuschreiben.

Außerdem wird es kaum möglich für Wearables sein, genauso gut wie ein Brustgurt zu messen, da viele Faktoren die Messgenauigkeit des Trackers beeinflussen können (Hautfarbe, Körperbehaarung, Tattoos, Narben). Zusätzlich kommt hinzu, dass durch die Armbewegungen beim Gehen oder Laufen der Tracker verrutschen kann und es dadurch zu ungenauen Messungen kommt. Ein Brustgurt hingegen verrutscht nur, wenn er nicht optimal der Körperform angepasst wurde. Darüber hinaus befindet sich dieser im Gegensatz zu den Fitness Trackern direkt am Herzen.

Es muss untersucht werden, wie genau die Tracker die hier untersuchten Variablen im Alltag erfassen, da der Großteil der Studien unter Laborbedingungen stattfand. Auch in dieser Arbeit fand das Experiment unter Laborbedingungen statt. Die vorhandene Literatur deutet darauf, dass ein Mangel an Studien mit Feldforschung besteht ist.

Diskussion der Signifikanz bei der Schrittzählung

Die Ergebnisse der Garmin vivosmart 3 bei 400 Schritten sind größtenteils statistisch nicht signifikant. Lediglich beim Laufen konnte statistische Signifikanz nachgewiesen werden.

Bei 800 und 1000 Schritten waren die Ergebnisse nur beim schnellen Gehen statistisch nicht signifikant. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei der weiblichen Person. Bei 400 Schritten konnte nur beim Joggen statistische Signifikanz nachgewiesen werden, bei 800 Schritten war keines der Ergebnisse signifikant und bei 1000 Schritten nur die Ergebnisse beim normalen Gehen. Obwohl die MW der vivosmart 3 größtenteils dicht am Goldstandard lagen und in den einzelnen Durchgängen geringfügig vom Referenzwert abwichen, zeigte dieses Gerät die geringste Anzahl an statistisch signifikanten Ergebnissen. Die Ergebnisse deuten auf zufällige Unterschiede, die nicht vorhanden sind.

Die Fitbit Alta HR wies im Setting von 400 Schritten nur bei der männlichen Person beim Joggen und Laufen keine statistische signifikanten Unterschiede auf. Bei der weiblichen Person ist in allen Settings eine hohe Signifikanz erkennbar. Dies spiegelt sich mit der konstanten Ungenauigkeit bei der Schrittzählung des Trackers wider und lässt darauf schließen, dass die Ergebnisse nicht zufällig entstanden sind. Bei 800 Schritten bestehen statistisch signifikante Ergebnisse nur beim Laufen in Bezug auf den Teilnehmer. Die Teilnehmerin zeigte keine statistisch signifikante Ergebnisse beim Joggen und Laufen. Vermutlich ist dies den größeren Schwankungen in der Schrittzahl zuzuschreiben. Die signifikanten Ergebnisse beim normalen und schnellen Gehen bei 1000 Schritten sind auf die konstante Überschätzung und Unterschätzung der Schrittzahl in den Settings bei dem Teilnehmer zurückzuführen. Die Teilnehmerin zeigte insgesamt eine größere Anzahl an signifikanten Ergebnissen verglichen mit dem Teilnehmer. Diese Unterschiede ergeben sich wahrscheinlich aufgrund der kontinuierlichen Ungenauigkeit in allen Settings bei der Teilnehmerin und den größeren Differenzen vom realen Wert.

Das Xiaomi Mi Band 3 fiel beim Teilnehmer wie die vivosmart 3 mit hohen p-Werten auf. Die beiden Tracker waren bei dem Teilnehmer am genauesten, zeigten aber in wenigen Fällen statistisch signifikante Ergebnisse. Dem Mi Band 3 konnte in keinem der Settings ein statistisch signifikantes Ergebnis nachgewiesen werden. Ursächlich für diese Ergebnisse ist vermutlich die zu kleine Stichprobe. Dahingegen waren bei der weiblichen Person im Großteil der Settings sehr signifikante Ergebnisse zu erkennen. Auffällig ist, dass die beiden ungenauesten Tracker, die Alta HR und das Mi Band 3, als einzige bei der Teilnehmerin überwiegend signifikante Ergebnisse zeigten, während die vivosmart 3, welches die größte Präzision aufwies, durch überwiegend nicht signifikante Ergebnisse gekennzeichnet war. Die Ergebnisse lassen sich nur schwierig interpretieren und sollten deshalb mit Bedacht betrachtet werden. Der Aussagewert ist als gering zu deuten.

Diskussion der Signifikanz bei der Herzfrequenzmessung

Die vivosmart 3 zeigte bei beiden Geschlechtern hinsichtlich der Herzfrequenzmessung nur beim normalen und schnellen Gehen bei 400 Schritten ein statistisch signifikantes Ergebnis. In sämtlichen weiteren Settings wurden hohe p-Werte beobachtet, wobei einer den Wert 1 annimmt. Die Wahrscheinlichkeit einen solchen Wert zu erreichen, ist normalerweise äußerst gering und nur möglich, wenn die MW beider Variablen identisch sind. Dies deutet auf einen starken Zufall hin, der nicht gegeben ist, denn die vivosmart 3 zeigte konstant präzise Messergebnisse.

Die Alta HR zeigte beim Teilnehmer bei einer Schrittzahl von 400 keine signifikanten Ergebnisse. Mit einem p-Wert von 0,902 ist dieser sehr hoch. Auffällig ist, dass besonders hohe p-Werte bei hoher Übereinstimmung und geringe p-Werte bei geringer Übereinstimmung mit dem Referenzgerät entstehen. Dies zeigt sich unter anderem im Setting schnelles Gehen (400 und 800 Schritte) bei beiden Geschlechtern. Hierbei wurde eine hohe Signifikanz ermittelt. Die ermittelte Herzschlagfrequenz der Alta HR wich aber deutlich vom Brustgurt ab. Gleiches ist bei 1000 Schritten zu beobachten. Möglicherweise liegt auch hierfür die Ursache in der zu kleinen Stichprobe.

Diese Annahme lässt sich ebenfalls auf das Mi Band 3 anwenden. Je größer die Abweichung des Trackers vom Brustgurt, desto eher sind die Ergebnisse statistisch signifikant. Bei einer Schrittzahl von 1000 fiel das Mi Band 3 mit deutlichen Differenzen im Vergleich mit dem Brustgurt auf, sodass eine hohe Signifikanz festzustellen war.

Insgesamt können die Ergebnisse bezüglich der Signifikanz nicht zuverlässig interpretiert werden, da die Stichprobe zu klein ist. Obwohl die vivosmart 3 kontinuierlich in allen Settings mit einer hohen Genauigkeit überzeugte, wies dieser Tracker die geringste statistische Signifikanz auf. Die MW zeigen jedoch, dass ein Zusammenhang zwischen Goldstandard und Fitness Tracker aufgrund seiner hohen Genauigkeit hinsichtlich der Herzfrequenzmessung besteht. Ähnliches gilt für die Alta HR. Die Ergebnisse sind nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar.

Vergleich mit den Ergebnisse aus dem Feldexperiment

Die Ergebnisse aus dem Feldexperiment zeigen, dass die vivosmart 3 mehr Schritte zählte als das Mi Band 3. Ziel war es, die Ergebnisse aus dem Laborexperiment und dem Feldexperiment gegenüberzustellen und anhand der Ergebnisse aus dieser Arbeit zu erschließen, welches Gerät verlässlicher ist. Aus dem Laborexperiment geht hervor, dass die vivosmart 3 am genauesten bei der Schrittzählung war, das Mi Band 3 jedoch bei der männlichen Person ebenfalls genaue Daten lieferte. Dabei war erkennbar, dass die vivosmart 3 die

Schrittzahl überschätzt und das Mi Band 3 diese unterschätzt. Die Ergebnisse spiegeln diese Beobachtung wider, denn auch hier zählte die vivosmart 3 bis auf zwei Tage mehr Schritte als das Mi Band 3. Es lässt sich nicht eindeutig sagen, welches der beiden Geräte genauer war, da keine Referenz bestand.

Die Geräte wurden im Feldexperiment ausschließlich von weiblichen Personen getragen. Die Ergebnisse in dieser Arbeit zeigten, dass das Mi Band 3 bei der weiblichen Person sichtbar ungenauer wurde. Ob dieser Effekt auch auf die Teilnehmerinnen im Feldexperiment zutrifft, kann nicht eindeutig geklärt werden. Die Differenzen lagen unter 200 Schritten. Die Differenzen zwischen den beiden Geräten überschritten im Laborexperiment nur in einem Fall 200 Schritte (siehe Tab. 8). In allen anderen Settings wurden Differenzen von unter 200 Schritten beobachtet. Demnach besteht die Möglichkeit, dass eine verminderte Genauigkeit ebenfalls im Feldexperiment aufgrund des Geschlechtes auftrat. Beachtet werden muss, dass die Geräte unterschiedlich stark auf Armbewegungen reagieren und im Laufe des Tages zahlreiche Armbewegungen durchgeführt werden.

Wie in Kapitel 4.4 gezeigt, werden Armbewegungen ebenfalls als Schritte erfasst. Dabei fiel auf, dass das Mi Band 3 bereits geringe Armbewegungen als Schritte deutet. Die vivosmart 3 ist weniger sensibel gegenüber Armbewegungen. Daher kann es bei dem Mi Band 3 zu größeren Verzerrungen in den Daten kommen. Unter Einbeziehung der Gesamtschrittzahl pro Tag, ist diesen Differenzen keine große Bedeutung zuzuschreiben, da sie vergleichsweise gering ausfallen. Die Mittelwerte zeigen nur Abweichungen im geringen Maße (siehe Abb. 11). Da die vivosmart 3 im Laborexperiment mit einer hohen Genauigkeit bei der Schrittzählung überzeugte und die Abweichungen zwischen beiden Geräten im Feldexperiment gering waren, lässt sich zusammenfassend sagen, dass beide Geräte unter Labor- und Feldbedingungen die Schrittzahl mit einer hohen Genauigkeit erfassen können. Die vivosmart 3 zeigte insgesamt die höchste Genauigkeit unter Laborbedingungen, weshalb die Daten dieses Gerätes unter Feldbedingungen vermutlich einen größeren Wahrheitsgehalt aufweisen.

In Kapitel 2.9 sind die Potenziale von Fitness Trackern und der Nutzen dieser für die Gesundheit aufgeführt. Auch wenn die Geräte mit keiner hundertprozentigen Genauigkeit messen können, stellt im Bereich von Public Health die Einführung von Fitness Trackern ein potenzielles Mittel zur Bekämpfung von Bewegungsmangel und den daraus resultierenden Zivilisationskrankheiten dar. Weiterhin ist anzumerken, dass Fitness Tracker keiner hundertprozentigen Genauigkeit bedürfen, denn Ziel eines jeden Nutzers sollte sein, durch die Geräte körperlich aktiver zu werden. Dabei kann ein Überblick über die eigene Fitness bereits unterstützend wirken. Vermutlich werden Fitness Tracker zu keinem absehbaren

Zeitpunkt eine hundertprozentige Genauigkeit ermöglichen, da zahlreiche Faktoren auf die Messgenauigkeit der Tracker einwirken. Dies ist nicht notwendig, denn, wenn Fitness Tracker bereits einen Nutzen für die Gesundheit erbringen können, ist die Betrachtung der erhobenen Gesundheitsdaten von geringerer Relevanz.

6.2 Methodendiskussion

In diesem Abschnitt wird auf die verwendeten Methoden eingegangen, die zur Beantwortung der Forschungsfrage dienten.

Für die Tests wurden zwei Personen gleichen Alters und ähnlicher Körpergröße sowie ähnlichem Gewicht ausgewählt. Die Anzahl an Personen ist verglichen mit anderen Studien gering. Deshalb können die Ergebnisse nicht auf die Gesamtbevölkerung übertragen werden. Hinzu kommt, dass jeder Mensch eine unterschiedliche Gang- und Laufweise hat. Hier müssten demnach verschiedene Altersgruppen untersucht werden. Da die Messgenauigkeit der Fitness Tracker von mehreren Faktoren beeinflusst werden kann, ist eine Untersuchung in Bezug auf unterschiedliche BMIs, Geschlechter sowie Hautfarben und Tattoos ratsam. Dies wurde in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Die Überschätzung der Schrittzahl der Fitbit Alta HR in einem Setting ist möglicherweise auf den Sitz des Tracker zurückzuführen. Es wird vermutet, dass dieser nicht optimal saß oder die Beschleunigung nicht genau erfassen konnte. Die Unterschätzung der Schrittzahl kann auf eine zu geringe Bewegungsgeschwindigkeit deuten. Da die Durchgänge nicht auf einem Laufband absolviert wurden, war eine konstante Einhaltung der Bewegungsgeschwindigkeit kaum möglich und Schwankungen unterworfen. Dies würde aber auch auf die männliche Person zutreffen, bei der dieser Effekt nicht auftrat. Die Fitbit Alta HR und das Mi Band 3 konnten die Herzschlagfrequenz bei der Teilnehmerin nicht genau ermitteln. Wie Jo et al. (2016) berichten, kann der Druck zwischen Sensor und Haut die Qualität des Signals beeinflussen. Daher liegt die Annahme nahe, dass die Geräte möglicherweise zu fest angebracht waren, um ein verrutschen dieser zu vermeiden und dadurch in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt wurden. Allerdings waren die Tracker bei der männlichen Person, bei der diese Probleme nicht auftraten, gleichermaßen fest angebracht.

Um eine repräsentative Aussage über die Messgenauigkeit von Fitness Trackern treffen zu können, müssen Test mit einer größeren Stichprobe erfolgen. In dieser Arbeit liegt die Anzahl bei fünf Durchgängen pro Aktivität und Schrittzahl.

Die Auswertung der erhobenen Daten gestaltete sich als äußerst problematisch. Aufgrund von mehreren Schrittzahlen, Aktivitäten und Geräten, mussten bei der Berechnung der Variablen zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden, die die Anwendung vieler statistische Tests nicht möglich machten. Es besteht außerdem die Vermutung, dass der t-Test für

verbundene Stichproben als ungeeignet für dieses Studiendesign gilt. Außerdem kann aufgrund der kleinen Stichprobe keine hinreichende Aussage über die Signifikanz getroffen werden. Hierfür sollte die Effektstärke berechnet werden, um die Bedeutsamkeit der statistischen Signifikanz hervorzuheben. Zudem empfiehlt es sich, die Geräte untereinander auf Signifikanz zu überprüfen. Aus zeitlichen Gründen war dies nicht möglich. Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass diese Art der Untersuchung von Fitness Trackern nicht empfehlenswert und mit zahlreichen Schwierigkeiten bei der Datenauswertung verbunden ist.

6.3 Limitationen

Diese Arbeit weist Limitationen auf. Mittlerweile sind neue Modelle von Garmin und Xiaomi auf dem Markt, weshalb die Ergebnisse nicht auf diese Modelle übertragbar sind. Aufgrund der kleinen Stichprobe von fünf Durchgängen pro Setting, kann keine repräsentative Aussage über die Genauigkeit von Fitness Trackern getroffen werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse Signifikanzwerte, denen keine starke Aussagekraft zugesprochen werden darf. Eine mögliche Ursache dafür liegt vermutlich in der kleinen Stichprobe ($n=5$). Auch wenn sich ein Wert nicht signifikant von dem Referenzwert unterscheidet, macht dies noch keine Aussage über die Messgenauigkeit. Daher ist die Ermittlung der Signifikanz aufgrund der zu kleinen Stichprobe ungeeignet. Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit einen Fehler 2. Art (Beta-Fehler) zu begehen. Deskriptive Tests sind für den Datensatz in dieser Arbeit brauchbarer. Zudem wurden in dieser Arbeit nur drei Tracker getestet, weshalb weitere Untersuchungen mit anderen und einer größeren Anzahl an Fitness Trackern notwendig sind. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass alle Fitness Tracker zeitgleich getragen wurden. Dies könnte die Messgenauigkeit der Tracker zusätzlich beeinflussen, da zwei Geräte an einem Handgelenk einerseits gegeneinanderstoßen und so verrutschen können, andererseits das Gerät, welches sich weiter oben am Handgelenk befindet, möglicherweise die Herzschlagfrequenz nicht mehr genau erfassen. Zu erwähnen ist auch, dass die Daten unter Laborbedingungen mit festgelegten und überwiegend konstanten Geschwindigkeiten erhoben wurden. Dies stellt keine natürliche Situation dar, in der die Bewegungsgeschwindigkeit variiert. Des Weiteren bestand die Anzahl der Teilnehmenden aus nur einem Teilnehmer und einer Teilnehmerin und stellt daher eine deutliche Limitation dar. Diese waren zudem gleichen Alters und etwa gleicher Körpergröße. Die Literatur zeigte aber, dass der BMI, ein größerer Handgelenkumfang und das Alter sowie Tattoos und Narben, Einfluss auf die Messgenauigkeit haben können (Fitness Tracker Test, o.J.; Feehan et al., 2018; Shcherbina et al., 2017; Garmin, o.J.). Folglich müssen Studien mit einer größeren Teilnehmeranzahl stattfinden, die diese Einflussfaktoren berücksichtigen. Aufgrund

all dieser Limitationen können die Ergebnisse nicht pauschalisiert werden. Dennoch schaffen die Ergebnisse einen Einblick über die Genauigkeit der hier getesteten Fitness Tracker.

6.4 Empfehlungen

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass ein Teil der Fitness Tracker die Schrittzahl und Herzschlagfrequenz überwiegend genau ermittelt. Da die Tests unter Laborbedingungen stattfanden, können diese Empfehlungen nicht auf die Bedingungen im Alltag angewendet werden. Menschen, die ihre Leistungsfähigkeit und ihren Fortschritt beim Sport festhalten wollen, sollten sich nicht vollständig auf die Aussagekraft der ermittelten Daten verlassen. Denn es konnte gezeigt werden, dass die Genauigkeit von Fitness Trackern hinsichtlich der Schrittzählung sowie der Herzfrequenzmessung nicht konstant ist und von zahlreichen Faktoren beeinflusst werden kann. Die Garmin vivosmart 3, zeigte im Großteil die genauesten Ergebnisse und misst zuverlässig, sodass dieser Tracker als geeignet für die Erfassung von Gesundheitsdaten betrachtet werden kann. Auch ist der Tracker für Menschen geeignet, die sich nicht sportlich betätigen und eine geringere Gehgeschwindigkeit aufweisen. Die Schrittzahl und die Herzschlagfrequenz können bei Spaziergängen oder Wanderungen zuverlässig aufgezeichnet werden. Unter Einbeziehung des Preisniveaus der Geräte scheint das deutliche günstigere Xiaomi Mi Band 3 Mängel in der Qualität der Herzfrequenzmessung aufzuweisen. Der Tracker konnte die Schrittzahl bei der männlichen Personen größtenteils zuverlässig aufzeichnen und eignet sich diesbezüglich für alle ausgeführten Aktivitäten. Im Feldexperiment zeigte der Tracker ebenfalls geringe Abweichungen von der vivosmart 3 bezüglich der Schrittzahl. Das Mi Band 3 sollte nicht für die Herzfrequenzmessung verwendet werden, da die Werte zu große Schwankungen zeigen und insbesondere beim Joggen und Laufen die Genauigkeit nachlässt. Nicht empfehlenswert ist die Fitbit Alta HR, da diese sowohl bei der Schrittzählung als auch bei der Herzfrequenzmessung die geringste Genauigkeit aufwies. Zwar kann der Tracker die Herzschlagfrequenz beim Gehen mit leichten Abweichungen erfassen, doch zeigte dieser bei der weiblichen Person exorbitante Messfehler, die nicht mehr tolerabel sind.

Festhalten lässt sich, dass kein teurer Brustgurt mit der dazugehörigen Sportuhr, wie der von Suunto notwendig ist, um genaue und zuverlässige Aussagen über die Herzschlagfrequenz zu erhalten. Dafür liefert die Garmin vivosmart 3 ausreichend zuverlässige Daten.

7. Fazit und Ausblick

Fitness Tracker stellen grundsätzlich eine gute Möglichkeit dar, die Schritte und Herzschlagfrequenz bei Spaziergängen und sportlichen Aktivitäten aufzuzeichnen. Die Ergebnisse aktueller Studien zeigen, dass die Genauigkeit der Tracker durch die

Bewegungsgeschwindigkeit beeinflusst und die Schrittzahl sowie die Herzschlagfrequenz vorwiegend unterschätzt werden. Diese Arbeit zeigte, dass die Bewegungsgeschwindigkeit in Einzelfällen einen Einfluss auf die Genauigkeit der Tracker bei der Schrittzählung haben kann. Vielmehr scheint das Geschlecht einen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit der Schrittzählung und Herzfrequenzmessung zu nehmen. Es konnte lediglich bei der weiblichen Person eine Abhängigkeit der Genauigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit beobachtet werden. Die Genauigkeit nahm bei der Alta HR und dem Mi Band 3 bei der Teilnehmerin sichtbar ab. Verwunderlich ist, dass die Daten aller Tracker bei der weiblichen Person stärker vom Goldstandard abweichen, als bei der männlichen Person. Bestätigt werden konnte, dass die Tracker die Herzschlagfrequenz und die Schrittzahl überwiegend unterschätzen. Eine Überschätzung der Schrittzahl war nur bei dem Teilnehmer festzustellen.

Die Garmin vivosmart 3 war sowohl bei der Schrittzählung als auch bei der Herzfrequenzmessung am genauesten und kann mit der Genauigkeit des wesentlich höherpreisigen Brustgürtles mithalten. Die Garmin vivosmart 3 tendiert dazu die Schrittzahl zu überschätzen, die Fitbit Alta HR zu unterschätzen und das Xiaomi Mi Band 3 schwankt zwischen einer Unter- und Überschätzung der Schrittzahl. Die Schrittzahl hatte keinen sichtbaren Einfluss auf die Genauigkeit der Tracker.

Weiterhin werden die Daten im Alltag wahrscheinlich ungenauer sein, da die Tracker verschiedene Tätigkeiten, die mit den Händen ausgeführt werden, aber nicht als Schritte zu werten sind, fehlinterpretieren. Letztendlich ist es nicht relevant, wie viele Schritte der Tracker zählt und wie groß die Fehlmessungen sind, sondern, dass ein aktiverer und gesünderer Lebensstil mit Hilfe des Trackers verinnerlicht wird.

Diese Arbeit verfolgte die Frage, wie genau Fitness Tracker die Schrittzahl und Herzschlagfrequenz unter Einbeziehung unterschiedlicher Schrittzahlen und Aktivitäten aufzeichnen können. Die Anzahl der Teilnehmenden ist zu klein, um eine repräsentative Aussage über die Genauigkeit von Fitness Trackern treffen zu können. Die Ergebnisse dieser Arbeit können aber einen Überblick über die Genauigkeit von Fitness Trackern bieten. Die Arbeit kann insbesondere für Endverbraucher, aber auch für die Hersteller einen Nutzen erbringen, da diese veranschaulicht, worin die Stärken und Schwächen der jeweiligen Geräte bestehen. Für aussagekräftige Ergebnisse müssen weitere Analysen mit einer größeren Stichprobe folgen. Es lässt sich anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht eindeutig klären, ob Geschlechterunterschiede bei der Messgenauigkeit von Fitness Trackern bestehen.

Literaturverzeichnis

- Abu-Omar, K., Lampert, T., Rütten, A., & Ziese, T. (2005). *Gesundheitsberichterstattung des Bundes - Körperliche Aktivität*. Abgerufen am 21. 04. 2019 von https://www.medizin.uni-muenster.de/fileadmin/einrichtung/epi/download/vorlesungen/Literatur/Gesundheitsberichterstattung_Koerperliche_Aktivitaet.pdf
- Ashley, E., Christie, J., Hastie, T., Mattsson, C., Salisbury, H., Shcherbina, A., . . . Wheeler, M. (2017). *Accuracy in Wrist-Worn, Sensor-Based Measurements of Heart Rate and Energy Expenditure in a Diverse Cohort*. Abgerufen am 25. 05. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5491979/pdf/jpm-07-00003.pdf>
- Ashley, E., Harrington, R., King, A., McConnell, M., & Turakhia, M. (2018). *Mobile Health Advances in Physical Activity, Fitness, and Atrial Fibrillation: Moving Hearts*. Abgerufen am 23. 07. 2019 von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109718346175?via%3Dihub>
- Attig, C., & Franke, T. (2018). *I Track, Therefore I Walk – Exploring the Motivational Costs of Wearing Activity Trackers in Actual Users*. Abgerufen am 13. 07. 2019 von https://www.researchgate.net/publication/324770453_I_Track_Therefore_I_Walk_-_Exploring_the_Motivational_Costs_of_Wearing_Activity_Trackers_in_Actual_Users
- Bassett Jr., D., Crouter, S., Karabulut, M., & Schneider, P. (2003). *Validity of 10 Electronic Pedometers for Measuring Steps, Distance, and Energy Cost*. Abgerufen am 22. 05. 2019 von https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2003/08000/Validity_of_10_Electronic_Pedometers_for_Measuring.30.aspx#pdf-link
- Belle, S., Davis, K., Helsel, D., Jakicic, J., King, W., Marcus, M., . . . Wahed, A. (2016). *Effect of Wearable Technology Combined with a Lifestyle Intervention on Long-Term Weight Loss: the IDEA Randomized Clinical Trial*. Abgerufen am 05. 07. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5480209/pdf/nihms854134.pdf>
- Berggren, F., Cavill, N., Edwards, P., Kahlmeier, S., Martin-Diener, E., Oppert, J.-M., . . . Vuori, I. (2010). *Bewegung und Gesundheit in Europa: Erkenntnisse für das Handeln*. Österreich. Abgerufen am 02. 07. 2019 von http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/112405/E89490G.pdf
- Beweg dich, Deutschland! TK-Bewegungsstudie*.(2016). Abgerufen am 26. 02. 2019 von <https://www.tk.de/resource/blob/2026646/0aa4b08bf5b67b8495dce9b24b2c3bac/tk-bewegungsstudie-2016-data.pdf>

- Blackburn, G., Desai, M., Etiwy, M., Gillinov, A., Gillinov, S., Houghtaling, P., . . . Wang, R. (2017). *Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise*. Abgerufen am 24. 06. 2019 von https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2017/08000/Variable_Accuracy_of_Wearable_Heart_Rate_Monitors.22.aspx#pdf-link
- Blair, S., Katzmarzyk, P. T., Lee, I.-M., Lobelo, F., Puska, P., & Shiroma, E. J. (2012). *Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analyses of burden of disease and life expectancy*. Abgerufen am 02. 07. 2019 von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673612610319?via%3Dihub>
- Brosius, H.-B., Haas, A., & Koschel, F. (2016). Experiment III: Varianten und Durchführung. In *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung*. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften . Abgerufen am 06. 07. 2019 von https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-531-19996-2_15.pdf
- Bulut, V. (2015). *Visualisierung von Ungewissheit in Aktivitätsdaten*. Abgerufen am 21. 05. 2019 von <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/9814/1/ba.pdf>
- Bundesamt für Strahlenschutz. (2018). Abgerufen am 06. 07. 2019 von http://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/hauttypen/hauttypen_node.html
- Bunn, J., Fountaine, C., Navalta, J., & Reece, J. (2018). *Current State of Commercial Wearable Technology in Physical Activity Monitoring 2015–2017*. Abgerufen am 24. 05. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5841672/>
- Chow, J., Paramenter, B., Thom, J., Ward, R., & Wewege, M. (2017). *Accuracy of step count measured by physical activity monitors: The effect of gait speed and anatomical placement site*. Abgerufen am 29. 05. 2019 von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636217302357>
- De Groot, M., Fokkema, T., Kooiman, T., Krijnen, W., & Van Der Schans, C. (2017). *Reliability and Validity of Ten Consumer Activity Trackers Depend on Walking Speed*. Abgerufen am 23. 06. 2019 von https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2017/04000/Reliability_and_Validity_of_Ten_Consumer_Activity.21.aspx#pdf-link
- Dehmel, S., Krösmann, C., & Mütze, B. (2016). *Fast ein Drittel nutzt Fitness-Tracker*. Abgerufen am 27. 05. 2019 von <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Pressenfo-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>

- Dellana, F., Sethe, D., & Theyke, T. (2017). *Wearables & Gesundheits-Apps - Motive, Konsequenzen und Herausforderungen*. Köln. Abgerufen am 21. 02. 2019 von https://www.hs-fresenius.de/fileadmin/Pressemitteilungen/HS_Fresenius_Wearables_Studie_2018.pdf
- Deutsches Krebsforschungszentrum. (2019). Abgerufen am 15. 07. 2019 von <https://www.krebsinformationsdienst.de/vorbeugung/risiken/sport.php>
- Directo, D., Dolezal, B., Jo, E., Kim, M., & Lewis, K. (2016). *Validation of Biofeedback Wearables for Photoplethysmographic Heart Rate*. Abgerufen am 26. 07. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974868/pdf/jssm-15-540.pdf>
- Droszez, A., Düking, P., Mester, J., Wahl, P., & Wahl, Y. (2017). *Criterion-Validity of Commercially Available Physical Activity Tracker to Estimate Step Count, Covered Distance and Energy Expenditure during Sports Conditions*. Abgerufen am 07. 08. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5615304/pdf/fphys-08-00725.pdf>
- El-Amrawy, F., & Nounou, M. (2015). *Are Currently Available Wearable Devices for Activity Tracking and Heart Rate Monitoring Accurate, Precise, and Medically Beneficial?* Abgerufen am 06. 08. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4659890/pdf/hir-21-315.pdf>
- Evenson, K., Furberg, R., & Goto, M. (2015). *Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers*. Abgerufen am 30. 05. 2019 von <https://ijbnpa.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12966-015-0314-1>
- Ezzat, A., Feehan, L., Geldman, J., Hamilton, C., Li, L., Park, C., . . . Yoo, J. (2018). *Accuracy of Fitbit Devices: Systematic Review and Narrative Syntheses of Quantitative Data*. Abgerufen am 30. 05. 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6107736/>
- Finger, J., & Lange, C. (2017). *Gesundheitsverhalten in Deutschland und Europa - Journal of Health Monitoring*. Berlin. Abgerufen am 07. 04. 2019 von https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JoHM_2017_02_Gesundheitsverhalten.pdf;jsessionid=19DE31033223E334D983D7A6DF1461D2.1_cid290?__blob=publicationFile
- Finger, J., Jordan, S., Krug, S., Lampert, T., Mensink, G., & Müters, S. (2013). *Körperliche Aktivität - Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland*

- (DEGS1). Berlin Heidelberg : Springer-Verlag . Abgerufen am 21. 04. 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00103-012-1661-6.pdf>
- Finger, J., Lange, C., Manz, K., & Mensink, G. (2017). *Journal of Health Monitoring*. (R. Koch-Institut, Herausgeber) Abgerufen am 24. 02. 2019 von https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/FactSheets/JoHM_2017_02_arbeitsbezogene_koerperliche_Aktivitaet.pdf?__blob=publicationFile
- Fitness Tracker Test. (2018). Abgerufen am 20 . 05. 2019 von <https://www.fitness-tracker-test.info/ratgeber/funktionsweise/>
- Fitness Tracker Test. (o.J.). Abgerufen am 21. 05. 2019 von <https://www.fitness-tracker-test.info/ratgeber/funktionsweise/pulsmessung-mit-optoelektronischen-sensoren/>
- Freedson, P., & Hickey, A. (2016). *Utility of Consumer Physical Activity Trackers as an Intervention Tool in Cardiovascular Disease Prevention and Treatment*. Abgerufen am 07. 08. 2019 von <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033062016300160>
- Gabrys , L. (2017). Körperliche Aktivität und Gesundheit. Präventive und therapeutische Ansätze der Bewegungs- und Sportmedizin. In T. Abel, W. Banzer, T. Barthel, A. Bernardl, W. Bloch, M. Cassel, . . . L. Gabrys , & W. Benzer (Hrsg.). Berlin: Springer Verlag. Von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-50335-5.pdf> abgerufen
- Gao, L., Lei, J., Liang, L., Jia, Y., Wen, D., & Xie, J. (2018). *Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study*. Abgerufen am 31. 05. 2019 von <https://mhealth.jmir.org/2018/4/e94/pdf>
- Garmin. (o.J.). Abgerufen am 07. 07. 2019 von <https://www.garmin.com/de-DE/legal/atdisclaimer>
- Gartner (2018): *Gartner Says Worldwide Wearable Device Sales to Grow 26 Percent in 2019, zit. nach Statista: Prognose zum Absatz von Fitness-Trackern weltweit bis 2022*. (2019). Abgerufen am 19. 07. 2019 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/421270/umfrage/absatz-von-fitness-trackern-weltweit/>
- Goldhammer, K. (2016). *Digitaltrends LfM Wearables* . Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen . Abgerufen am 11. 07. 2019 von <https://www.medienanstalt->

nrw.de/fileadmin/user_upload/lfm-
nrw/Foerderung/Digitalisierung/Digitaltrends/Digitaltrends_Wearables.pdf

- Groenewold, U. (2009). Sport bessert die Prognose bei Brustkrebs - Das Motto dabei: Erlaubt ist, was Spaß macht. *Ärzte Zeitung*. Abgerufen am 15. 07. 2019 von <https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/krebs/mamma-karzinom/article/555164/sport-bessert-prognose-brustkrebs-motto-dabei-erlaubt-spas-macht.html>
- Halber, M. (2017). *Digitalisierung in Wirtschaft und Wissenschaft*. (S. F.–T. University, Hrsg.) Riedlingen : Springer Verlag. Abgerufen am 17. 07. 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-17405-7.pdf>
- IDC (2019): *IDC Reports Strong Growth in the Worldwide Wearables Market, Led by Holiday Shipments of Smartwatches, Wrist Bands, and Ear-Worn Devices*, zit. nach Statista: *Absatz von Wearables weltweit bis 2018*. (2019). Abgerufen am 19. 07. 2019 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/515723/umfrage/absatz-von-wearables-weltweit/>
- International Data Corporation. (2019). Abgerufen am 11. 07. 2019 von <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44901819>
- Jörg, J. (2018). *Digitalisierung in der Medizin. Wie Gesundheits-Apps, Telemedizin, künstliche Intelligenz und Robotik das Gesundheitswesen revolutionieren*. Springer Verlag. Abgerufen am 02. 08. 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-57759-2.pdf>
- Klöß, S. (2015). *Bitkom*. Abgerufen am 04. 07. 2019 von <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Smartphones-Tablets-und-Wearables-bringen-Unterhaltungselektronik-in-Schwung.html>
- Lengfelder, W. (2001). Körperliche Inaktivität: zu beeinflussender Risikofaktor in der primären Prävention? *Medizinische Klinik*. Abgerufen am 02. 07. 2019 von <https://link.springer.com/article/10.1007/PL00002157>
- Lovett , L. (2017). Study: Fitbit activity levels linked to lower post-surgery hospital readmission rates. *MobiHealthNews*. Abgerufen am 07. 08. 2019 von <https://www.mobihealthnews.com/content/study-fitbit-activity-levels-linked-lower-post-surgery-hospital-readmission-rates>

- Lutter, T., Meinecke, C., & Tropf, T. (2017). *Zukunft der Consumer Technology - 2017*. Abgerufen am 11. 07. 2019 von <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/170901-CT-Studie-online.pdf>
- Lyter-Antonneau, P., Palao, J., & Ricchio, K. (2018). Reliability of fitness trackers at different prices for measuring steps and heart rate: a pilot study. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. Abgerufen am 08. 06. 2019 von <https://wnus.edu.pl/cejssm/de/issue/918/article/15076/>
- Maas, H., & Rohleder, B. (2016). *Fitness-Tracker und Datenschutz*. Abgerufen am 27. 05. 2019 von <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Charts-PK-Safer-Internet-Day-E-Tracker-und-Datenschutz-09-02-2016-final.pdf>
- Mensink, G. (2003). *Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität*. Abgerufen am 4. 07. 2019 von https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/koerperliche_aktivitaet.pdf?__blob=publicationFile
- Moll, R., Schulze, A., Rusch-Rodosthenous, M., Kunke, C., & Scheibel, L. (2017). *Wearables, Fitness-Apps und der Datenschutz: Alles unter Kontrolle?* (Verbraucherzentrale NRW e.V., Hrsg.) Abgerufen am 28. 05. 2019 von https://www.marktwaechter.de/sites/default/files/downloads/mw-untersuchung_wearables_0.pdf
- Schmidt, M., Steindorf, K., & Ulrich, C. (2011). *Welche Effekte hat körperliche Bewegung auf das Krebsrisiko und auf den Krankheitsverlauf nach einer Krebsdiagnose?* Springer-Verlag. Abgerufen am 15. 07. 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00103-011-1385-z.pdf>
- Schwartz, F., & Scriba, P. (2004). Bewegung. Prävention und Gesundheitsförderung - Wege zur Innovation im Gesundheitswesen? *Der Internist*. Abgerufen am 4. 07. 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00108-003-1131-1.pdf>
- Seyrkammer, S. (2015). *Wearable Computing Technology: Potenzielle Einsatzmöglichkeiten in der Industrie*. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH. Abgerufen am 30. 04. 2019 von https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=TPDhCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=was+sind+wearables&ots=aepvfgKTGg&sig=imxBFC18g9H31kRQ_SEp7OVzrk4#v=onepage&q=was%20sind%20wearables&f=false
- Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig Holstein. (2016). Abgerufen am 22. 06. 2019 von <https://www.datenschutzzentrum.de/artikel/1070->

Datenschutzaufsichtsbehoerden-prueften-Wearables-Datenschutz-Maengel-bei-Fitness-Armbaendern-und-Smart-Watches.html

Verbraucherzentrale . (2017). Von <https://www.verbraucherzentrale.de/aktuelle-meldungen/digitale-welt/unsportlich-datenschutzmaengel-bei-wearables-und-fitnessapps-13659> abgerufen

Weltgesundheitsorganisation. Regionalbüro für Europa. (2015). Abgerufen am 26. 02. 2019 von <http://www.euro.who.int/de/health-topics/noncommunicable-diseases/diabetes/news/news/2015/11/physical-inactivity-and-diabetes>

World Health Organization. (2018). Abgerufen am 15. 06. 2019 von <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

Anhang

Anhang A: Schrittzahl und deskriptive Statistik bei der männlichen Person pro Durchgang

Tabelle 16: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen
(Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Normales Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	403	342	403
	395	352	437
	401	317	403
	407	368	408
	401	396	399
MW	401,00	355	410
SD	4,33589668	29,4618397	15,4272486
Max	407	396	437
Min	395	317	399

Tabelle 17: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen
(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Normales Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	803	799	797
	807	774	822
	805	804	800
	806	799	796
	802	808	797
MW t	805	797	802
SD	2,07364414	13,2928552	11,058933
Max	807	808	822
Min	802	774	796

Tabelle 18: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen

(Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Normales Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	1000	1119	996
	1006	1146	995
	1010	1094	999
	1010	1199	997
	1004	1120	1006
MW	1006	1136	999
SD	4,24264069	39,9286864	4,39317653
Max	1010	1199	1006
Min	1000	1094	995

Tabelle 19: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen

(Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	407	298	435
	402	338	403
	399	310	404
	401	283	392
	401	414	397
MW	402	329	406
SD	3	51,8247045	16,8136849
Max	407	414	435
Min	399	283	392

Tabelle 20: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen
(Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	815	808	801
	799	790	791
	801	797	795
	795	719	780
	799	810	778
MW	802	785	789
SD	7,69415362	37,6789066	9,82344135
Max	815	810	801
Min	795	719	778

Tabelle 21: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen
(Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	1012	961	1005
	998	948	999
	1000	910	995
	1009	965	958
	1013	958	999
MW	1006	948	991
SD	6,94982014	22,367387	18,8997354
Max	1013	965	1005
Min	998	910	958

Tabelle 22: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Joggen

(Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Joggen			
	Durchgänge		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	402	356	426
	400	412	405
	402	317	397
	404	326	395
	412	369	411
MW	404	356	407
SD	4,69041576	37,8351688	12,4979998
Max	412	412	426
Min	400	317	395

Tabelle 23: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Joggen

(Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Joggen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	802	809	795
	830	819	810
	820	723	811
	822	728	817
	828	784	820
MW	820,4	772,6	810,6
SD	11,0815161	44,8809536	9,65919251
Max	830	819	820
Min	802	723	795

Tabelle 24: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Joggen

(Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Joggen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	1012	1004	998
	1010	1015	1006
	1014	898	1008
	1006	916	999
	1029	946	1012
MW	1014	956	1005
SD	8,78635305	52,0787865	5,98331012
Max	1029	1015	1012
Min	1006	898	998

Tabelle 25: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen

(Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	410	414	387
	410	439	403
	404	350	403
	410	356	400
	410	284	399
MW	408,8	368,6	398,4
SD	2,68328157	60,5788742	6,61815684
Max	410	439	403
Min	404	284	387

Tabelle 26: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Laufen

(Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	819	721	806
	829	753	829
	810	705	808
	810	728	800
	810	810	818
MW	816	743	812
SD	8,44393273	41,0524055	11,4105215
Max	829	810	829
Min	810	705	800

Tabelle 27: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Laufen

(Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	1008	1000	995
	1012	930	994
	1004	993	993
	1012	1016	993
	1010	1025	1007
MW	1009	993	996
SD	3,34664011	37,318896	5,98331012
Max	1012	1025	1007
Min	1004	930	993

Anhang B: Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik bei der männlichen Person pro Durchgang

Tabelle 28: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	101	100	102	103
	99	109	94	104
	104	105	94	105
	100	104	101	102
	102	101	94	104
Mittelwert	101,2	103,8	97	103,6
SD	1,72046505	3,18747549	3,68781778	1,0198039
Max	104	109	102	105
Min	99	100	94	102

Tabelle 29: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	96	94	104	96
	78	92	103	93
	92	93	106	96
	99	96	93	96
	109	95	109	101
MW	94,8	94	103	96,4
SD	11,3004425	1,58113883	6,04152299	2,88097206
Max	109	96	109	101
Min	78	92	93	93

Tabelle 30: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	107	98	106	103
	107	109	101	108
	107	105	99	108
	105	100	105	103
	96	98	103	96
MW	104,4	102	102,8	103,6
SD	4,77493455	4,84767986	2,86356421	4,92950302
Max	107	109	106	108
Min	96	98	99	96

Tabelle 31: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	107	107	117	112
	114	90	116	113
	105	101	88	103
	118	119	110	118
	121	118	99	119
MW	113	107	106	113
SD	6,164414	10,8627805	11,045361	5,69209979
Max	121	119	117	119
Min	105	90	88	103

Tabelle 32: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	107	89	100	105
	109	87	114	109
	112	82	119	106
	119	94	117	109
	121	88	122	123
MW	113,6	88	114,4	110,4
SD	6,14817046	4,30116263	8,56154192	7,26636085
MAX	121	94	122	123
MIN	107	82	100	105

Tabelle 33: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	113	115	112	116
	122	121	124	125
	131	121	124	128
	127	120	118	125
	125	122	109	128
MW	123,6	119,8	117,4	124,4
SD	6,76756973	2,77488739	6,84105255	4,92950302
MAX	131	122	124	128
MIN	113	115	109	116

Tabelle 34: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen
(Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	145	128	131	146
	147	142	145	145
	150	148	144	151
	147	145	145	149
	142	134	126	143
MW	146,2	139,4	138,2	146,8
SD	2,94957624	8,23407554	9,03880523	3,19374388
Max	150	148	145	151
Min	142	128	126	143

Tabelle 35: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen
(Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	145	140	126	144
	122	122	132	126
	140	137	139	140
	139	137	141	139
	144	139	125	143
MW	138	135	132,6	138,4
SD	9,30053762	7,38241153	7,3006849	7,23187389
MAX	145	140	141	144
MIN	122	122	125	126

Tabelle 36: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen
(Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	146	145	138	152
	161	158	158	161
	158	153	154	157
	154	150	152	153
	151	147	126	158
MW	154	150,6	145,6	156,2
SD	5,87367006	5,12835256	13,2966161	3,7013511
MAX	161	158	158	161
MIN	146	145	126	152

Tabelle 37: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen
(Quelle eigene Darstellung)

400 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	154	141	136	143
	144	141	138	154
	137	144	121	156
	149	149	123	150
	153	154	110	158
MW	147,4	145,8	125,6	152,2
SD	7,02139587	5,6302753	11,5455619	5,93295879
MAX	154	154	138	158
MIN	137	141	110	143

Tabelle 38: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen
(Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	148	153	142	159
	151	150	129	154
	152	155	151	160
	166	162	138	164
	157	143	124	159
MW	154,8	152,6	136,8	159,2
SD	7,04982269	6,94982014	10,6630202	3,56370594
MAX	166	162	151	164
MIN	148	143	124	154

Tabelle 39: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen
(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	153	139	146	154
	152	147	141	151
	160	148	149	156
	160	148	156	159
	156	139	155	156
MW	156,2	144,2	149,4	155,2
SD	3,76828874	4,7644517	6,26897121	2,94957624
MAX	160	148	156	159
MIN	152	139	141	151

Anhang C: Schrittzahl und deskriptive Statistik bei der weiblichen Person pro Durchgang

Tabelle 40: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Normales Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	403	321	385
	402	379	394
	396	354	395
	400	323	395
	401	291	390
MW	400,40	333,60	391,80
SD	2,70185122	33,7757309	4,32434966
Max	403	379	395
Min	396	291	385

Tabelle 41: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Normales Gehen			
	Durchgänge		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Schritte	797	668	696
	784	631	723
	803	686	723
	782	668	740
	798	732	668
MW	792,8	677	710
SD	9,25742945	36,6878727	28,275431
Max	803	732	740
Min	782	631	668

Tabelle 42: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik normales Gehen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Normales Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	994	879	661
	996	979	764
	1000	981	763
	998	996	880
	996	980	743
MW	996,8	963	762,2
SD	2,28035085	47,4710438	78,2476837
Max	1000	996	880
Min	994	879	661

Tabelle 43: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	400	272	385
	392	287	372
	402	343	386
	390	287	381
	398	282	338
MW	396,4	294,2	372,4
SD	5,17687164	27,9588984	20,0074986
Max	402	343	386
Min	390	272	338

Tabelle 44: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)
(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	806	683	636
	804	676	728
	764	697	755
	786	615	637
	802	637	645
MW	792,4	661,6	680,2
SD	17,7426041	34,2607647	56,8744231
Max	806	697	755
Min	764	615	636

Tabelle 45: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w)
(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Schnelles Gehen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	990	942	852
	922	773	801
	868	828	847
	978	823	834
	994	836	849
MW	950,4	840,4	836,6
SD	54,3764655	61,929799	21,0546907
Max	994	942	852
Min	868	773	801

Tabelle 46: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Joggen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	406	292	395
	404	361	404
	400	339	386
	404	332	394
	403	317	387
MW	403,4	328,2	393,2
SD	2,19089023	25,7040853	7,25947657
Max	406	361	404
Min	400	292	386

Tabelle 47: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Joggen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	796	804	796
	764	740	780
	790	784	789
	794	774	792
	802	767	782
MW	789,2	773,8	787,8
SD	14,7377067	23,4776489	6,72309453
Max	802	804	796
Min	764	740	780

Tabelle 48: Durchgänge 1000 Schritte und deskriptive Statistik Joggen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Joggen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	922	913	893
	976	937	927
	987	943	901
	982	927	918
	998	893	911
MW	973	922,6	910
SD	29,6310648	20,0698779	13,453624
Max	998	943	927
Min	922	893	893

Tabelle 49: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	394	334	378
	406	298	347
	402	301	358
	399	308	367
	401	319	352
MW	400,4	312	360,4
SD	4,39317653	14,713939	12,3409886
Max	406	334	378
Min	394	298	347

Tabelle 50: Durchgänge 800 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	800	833	801
	786	662	774
	800	680	777
	799	674	784
	804	723	764
MW	797,8	714,4	780
SD	6,87022561	70,1804816	13,7658999
Max	804	833	801
Min	786	662	764

Tabelle 51: Durchgänge 400 Schritte und deskriptive Statistik Laufen (w)

(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Laufen			
	Schritte		
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi
Durchgänge	1004	993	964
	998	987	979
	984	917	988
	999	953	966
	1006	887	943
MW	998,2	947,4	968
SD	8,61394219	45,4180581	17,0733711
Max	1006	993	988
Min	984	887	943

Anhang D: Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik bei der weiblichen Person pro Durchgang

Tabelle 52: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	107	112	93	104
	99	91	90	106
	102	118	106	103
	91	105	108	103
	104	104	105	104
MW	100,6	106	100,4	104
SD	6,10737259	10,1242284	8,2643814	1,22474487
Max	107	118	108	106
Min	91	91	90	103

Tabelle 53: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	105	94	108	101
	111	99	105	105
	107	110	106	105
	105	98	106	105
	103	103	106	106
MW	106,2	100,8	106,2	104,4
SD	3,03315018	6,05805249	1,09544512	1,94935887
Max	111	110	108	106
Min	103	94	105	101

Tabelle 54: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik normales Gehen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Normales Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	123	105	95	124
	120	102	114	119
	126	98	112	118
	127	98	116	116
	126	96	117	126
MW	124,4	99,8	110,8	120,6
SD	2,88097206	3,63318042	9,03880523	4,21900462
Max	127	105	117	126
Min	120	96	95	116

Tabelle 55: Durchgänge 400 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	127	83	99	131
	123	73	108	138
	130	78	108	149
	127	70	90	150
	134	118	98	139
MW	128,2	84,4	100,6	141,4
SD	4,08656335	19,4242117	7,60263112	8,01872808
Max	134	118	108	150
Min	123	70	90	131

Tabelle 56: Durchgänge 800 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (Quelle eigene Darstellung)

800 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	146	118	108	144
	147	120	143	147
	149	123	119	149
	138	131	132	136
	142	134	131	143
MW	144,4	125,2	126,6	143,8
SD	4,39317653	6,97853853	13,4275836	4,96990946
Max	149	134	143	149
Min	138	118	108	136

Tabelle 57: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik schnelles Gehen (w) (Quelle eigene Darstellung)

1000 Schritte Schnelles Gehen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	132	113	108	132
	157	103	161	151
	119	127	112	123
	144	144	133	143
	143	128	124	145
MW	139	123	127,6	138,8
SD	14,2653426	15,6684396	21,1258136	11,1892806
Max	157	144	161	151
Min	119	103	108	123

Tabelle 58: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen
(w) (Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	155	116	129	154
	159	87	98	158
	157	163	130	160
	159	127	124	162
	161	133	102	160
MW	158,2	125,2	116,6	158,8
SD	2,28035085	27,5535842	15,3883072	3,03315018
Max	161	163	130	162
Min	155	87	98	154

Tabelle 59: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen
(w) (Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	148	119	136	170
	149	124	127	164
	148	132	137	145
	163	138	123	165
	161	146	127	158
MW	153,8	131,8	130	160,4
SD	7,52994024	10,7796104	6,164414	9,6072889
Max	163	146	137	170
Min	148	119	123	145

Tabelle 60: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Joggen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Joggen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	157	137	128	157
	173	142	130	171
	168	132	124	167
	160	102	119	162
	168	136	124	168
MW	165,2	129,8	125	165
SD	6,5345237	15,9436508	4,24264069	5,52268051
Max	173	142	130	171
Min	157	102	119	157

Tabelle 61: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w) (Quelle: eigene Darstellung)

400 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	164	98	144	163
	163	144	126	164
	139	124	115	128
	161	152	129	164
	159	121	148	161
MW	157,2	127,8	132,4	156
SD	10,3537433	21,1943389	13,538833	15,7003185
Max	164	152	148	164
Min	139	98	115	128

Tabelle 62: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w)
(Quelle: eigene Darstellung)

800 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	162	132	161	163
	157	147	124	150
	164	181	119	170
	166	149	102	168
	164	157	123	168
MW	162,6	153,2	125,8	163,8
SD	3,43511281	17,977764	21,5800834	8,13633824
Max	166	181	161	170
Min	157	132	102	150

Tabelle 63: Durchgänge 1000 Schritte Herzschlagfrequenz und deskriptive Statistik Laufen (w)
(Quelle: eigene Darstellung)

1000 Schritte Laufen				
Herzfrequenz				
Gerät	Garmin	Fitbit	Xiaomi	Suunto
Durchgänge	181	102	141	179
	173	135	148	174
	176	147	153	177
	173	126	133	175
	157	139	132	172
MW	172	129,8	141,4	175,4
SD	9	17,2829396	9,18150314	2,70185122
Max	181	147	153	179
Min	157	102	132	172

Anhang E: Schrittzahlen und Differenzen Feldexperiment

Tabelle 64: Schrittzahlen Teilnehmerin A

(Quelle: eigene Darstellung)

Teilnehmerin A	Schrittzahl		Differenz
	vivosmart 3	Mi Band 3	
Tag 1	6.938	6.915	23
Tag 2	6.175	6.020	155
Tag 3	6.574	6.483	91
Tag 4	4.883	4.842	41
Tag 5	6.097	6.003	94
Tag 6	5.846	5.740	106
Tag 7	8.726	8.698	28
Tag 8	5.114	5.080	34
Tag 9	6.128	6.060	68
Tag 10	5.804	5.756	48
Tag 11	7.708	7.653	55
Tag 12	7.639	7.595	44
Tag 13	7.512	7.454	58
Tag 14	8.896	8.840	56
Tag 15	8.583	8.506	77
Tag 16	8.421	8.376	45
Tag 17	7.091	7.036	55
Tag 18	9.240	9.171	69
Tag 19	9.384	9.306	78
Tag 20	8.162	8.082	80
Tag 21	12.012	12.041	-29
Tag 22	8.391	8.314	77
Tag 23	8.134	8.070	64
Tag 24	4.802	4.955	-153
Tag 25	11.872	11.810	62
Tag 26	8.597	8.547	50
Tag 27	7.681	7.642	39
Tag 28	8.576	8.517	59
Summe	214.986	213.512	1.474
Mittelwert	7.678	7.625	

Tabelle 65: Schrittzahlen Teilnehmerin B

(Quelle: eigene Darstellung)

Teilnehmerin B	Schrittzahl		Differenz
	Garmin	Xiaomi	
Tag 1	5618	5585	33
Tag 2	2224	2167	57
Tag 3	6276	6206	70
Tag 4	6248	6161	87
Tag 5	5924	5876	48
Tag 6	5426	5367	59
Tag 7	7980	7035	945
Tag 8	2614	2564	50
Tag 9	5675	5601	74
Tag 10	3258	3200	58
Tag 11	5593	5553	40
Tag 12	6474	6420	54
Tag 13	3826	3769	57
Tag 14	9277	9209	68
Tag 15	242	200	42
Tag 16	2804	2762	42
Tag 17	1686	1625	61
Tag 18	1190	1159	31
Tag 19	4903	4865	38
Tag 20	7141	7006	135
Tag 21	4928	4868	60
Tag 22	6147	6063	84
Tag 23	5886	5808	78
Tag 24	678	616	62
Tag 25	3383	3323	60
Tag 26	7869	7730	139
Tag 27	3627	3584	43
Tag 28	597	462	135
Tag 29	5202	5147	55
Summe	132.696	129.931	2765
Mittelwert	4575,72414	4480,37931	

Tabelle 66: Schrittzahlen Teilnehmerin C

(Quelle: eigene Darstellung)

Teilnehmerin C	Schrittzahl		Differenz
	Garmin	Xiaomi	
Tag 1	2481	2410	71
Tag 2	4924	4891	33
Tag 3	4829	4767	62
Tag 4	1846	1798	48
Tag 5	5371	5284	87
Tag 6	5690	5653	37
Tag 7	7123	7070	53
Tag 8	1398	1348	50
Tag 9	3671	3604	67
Tag 10	612	558	54
Tag 11	2507	2446	61
Tag 12	3568	3482	86
Tag 13	4847	4794	53
Tag 14	6882	6832	50
Tag 15	1278	1213	65
Tag 16	6417	6351	66
Tag 17	3642	3592	50
Tag 18	3196	3100	96
Tag 19	2945	2892	53
Tag 20	4802	4758	44
Tag 21	5386	5334	52
Tag 22	9177	9007	170
Tag 23	5682	5612	70
Tag 24	7387	7348	39
Tag 25	913	866	47
Tag 26	3398	3333	65
Tag 27	4827	4785	42
Tag 28	2632	2567	65
Tag 29	1312	1256	56
Summe	118.743	116.951	1792
Mittelwert	4094,586207	4032,7931	

Tabelle 67:Schrittzahlen Teilnehmerin D

(Quelle: eigene Darstellung)

Teilnehmerin D	Schrittzahl		Differenz
	Garmin	Xiaomi	
Tag 1	5.893	5.852	41
Tag 2	7.942	7.885	57
Tag 3	6.682	6.603	79
Tag 4	8.371	8.301	70
Tag 5	6.916	6.889	27
Tag 6	4.783	4.719	64
Tag 7	5.674	5.604	70
Tag 8	5.590	5.532	58
Tag 9	8.109	8.056	53
Tag 10	7.941	7.899	42
Tag 11	9.077	9.003	74
Tag 12	6.628	6.575	53
Tag 13	5.637	5.578	59
Tag 14	4.952	4.841	111
Tag 15	7.148	6.984	164
Tag 16	7.090	7.003	87
Tag 17	8.107	8.027	80
Tag 18	9.092	9.003	89
Tag 19	9.103	8.994	109
Tag 20	6.850	6.790	60
Tag 21	4.935	4.894	41
Tag 22	8.397	8.316	81
Tag 23	8.124	8.078	46
Tag 24	8.175	7.990	185
Tag 25	8.407	8.334	73
Tag 26	6.123	6.059	64
Tag 27	6.014	5.955	59
Tag 28	4.610	4.551	59
Tag 29	7.072	6.965	107
Summe	203.442	201.280	2.162
Mittelwert	7015,241379	6940,68966	

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Hamburg, den 30.08.2019

Fadi Dahdouli