

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit Nr. 246

Visualisierung von Ungewissheit in Aktivitätsdaten

Velihan Bulut

Studiengang:	Softwaretechnik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Albrecht Schmidt
Betreuer/in:	Dipl.-Inf. Miriam Greis M. Sc. Stefan Schneegaß
Beginn am:	28.05.2015
Beendet am:	27.11.2015
CR-Nummer:	H.5.m

Kurzfassung

Activity-Tracker erfreuen sich immer größerer Beliebtheit, um die täglichen körperlichen Aktivitäten zu erfassen. Die gemessenen Aktivitätsdaten enthalten aufgrund von unterschiedlichen Faktoren stets Ungewissheiten. Vielen Nutzern ist allerdings nicht bewusst, wie hoch diese Ungewissheiten sind. Hersteller von Activity-Trackern beteuern sehr geringe Ungewissheiten, die zu vernachlässigen seien. In einer umfangreichen Recherche wurden die Ungewissheiten der Messdaten ermittelt. Anschließend sind die Ergebnisse einer Umfrage über das Bewusstsein der Messungenauigkeiten ausgewertet und Ideen für neue Visualisierungen von Ungewissheiten gesammelt worden. Die besten drei Visualisierungen wurden konzipiert und in einer Android-App implementiert. Um die Akzeptanz und Bedienbarkeit der Visualisierungen und der App zu testen, wurde eine einwöchige Benutzerstudie durchgeführt und evaluiert.

Abstract

Activity Tracker are becoming increasingly popular, to capture the daily physical activities. The measured activity data always includes uncertainties due to different factors. However, many users are unaware of how high these uncertainties are. Manufacturers of Activity trackers profess very low uncertainties which are negligible. In an extensive research the uncertainties of the measured data were obtained. Subsequently, the results of a survey on the awareness of measurement inaccuracies were analyzed and ideas for new visualizations with uncertainties had been collected. The best three visualizations were designed and implemented in an Android app. To test the acceptance and usability of the visualizations and the app, a weeklong user study was conducted and evaluated.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	9
2. Hintergrund und verwandte Arbeiten	13
2.1. Einführung	13
2.2. Fitness-Tracker Übersicht	14
2.3. Aufbau und Funktionsweise von Aktivitätsmessern	17
2.4. Berechnung der Aktivitätsdaten	18
2.5. Schwierigkeiten beim Messen von Aktivitäten	23
2.6. Visualisierung von Ungewissheit	26
3. Umfrage	31
3.1. Aufbau und Ziele	31
3.2. Auswertung	34
4. Konzept	37
4.1. Textuelle Darstellung	37
4.2. Fortschrittsbalken	38
4.3. Farbpalette	38
4.4. Gestapeltes Säulendiagramm	39
4.5. Säulendiagramm mit Fehlerbalken	40
4.6. Tachodiagramm mit zwei Tachonadeln	40
5. Pedometer	43
5.1. Spezifikation	43
5.2. Benutzeroberfläche	44
6. Benutzerstudie	51
6.1. Studienverlauf	51
6.2. Studienergebnis	52
7. Zusammenfassung und Ausblick	55
A. Anhang - Umfrage	57
B. Anhang - Einverständniserklärung	87
C. Anhang - Fragebogen vor der Studie	89
D. Anhang - Fragebogen nach der Studie	91

Abbildungsverzeichnis

1.1. Häufig verwendete Fitness-Tracker Modelle	10
2.1. Mess- und Rotationachsen eines Beschleunigungssensors und Gyroskops in einem Smartphone	18
2.2. Beispielschemata für Laufbewegungen	19
2.3. Studienteilnehmer mit unterschiedlichen Activity-Trackern	24
2.4. Neun Visualisierungen von Ungewissheit	27
2.5. Alternative Visualisierungen zu einem Fehlerbalkendiagramm	28
2.6. Zwölf ungewisse Visualisierungen	29
3.1. Struktur und Ablauf der Umfrage	32
4.1. Konzept für die Anzeige der Spannweite	38
4.2. Farbpalette	38
4.3. Konzept für ein gestapeltes Säulendiagramm	39
4.4. Konzept für ein Säulendiagramm mit Fehlerbalken	40
4.5. Konzept für ein Tachodiagramm	41
5.1. Ablauf der Datenerkennung und Berechnung in der Pedometer-App	44
5.2. Startansicht der Pedometer-App	45
5.3. Ungewisse Visualisierungen der gelaufenen Schritte	46
5.4. Einstellungsmöglichkeiten der Pedometer-App	47
5.5. Eingabefelder für die Ziele	48
5.6. Wahl und Anzeige einer präferierten Visualisierung auf der Startseite	49

Tabellenverzeichnis

2.1. Die beliebtesten Fitness-Tracker Modelle	16
2.2. MET-Wertetabelle	21

1. Einleitung

Die Überwachung von körperlichen Aktivitäten wird bei vielen Menschen immer beliebter. Seit der Einführung des weltweit ersten tragbaren Messsensors für Profisportler im Jahr 1981 stieg die Anzahl der Sensoren zur Messung von körperlichen Aktivitäten und deren Funktionen stetig an.¹ Heute versuchen die einen durch Aktivitätsmessungen sich zum Sport zu motivieren und vergleichen sich beispielsweise mit ihren Freunden, die anderen streben feste Ziele an und fördern somit ihre Gesundheit. Häufig gemessene Aktivitätsdaten sind beispielsweise die Anzahl der zurückgelegten Schritte, der Kalorienverbrauch, die zurückgelegte Distanz oder auch die Herz- und Pulsfrequenz, sowie das Schlafverhalten.

Aktivitätsmessungen können mit den meisten aktuellen Smartphones durchgeführt werden. Dazu werden unterschiedliche Sensoren, wie etwa Lage- und Beschleunigungssensor, verwendet. So ist es beispielsweise möglich, die täglich zurückgelegten Schritte ohne einen separaten Schrittzähler, sondern nur über das eigene Smartphone zu messen. Allerdings sind Smartphones besonders beim Sport sehr unhandlich und bieten meist nicht so viele Funktionen wie eigenständige, aktivitätsmessende Sensoren, den sogenannten Activity- oder Fitness-Trackern.

Die Begriffe „Activity-Tracker“ und „Fitness-Tracker“ beschreiben am Körper tragbare elektronische Überwachungsgeräte, die zur Messung und Speicherung von körperlichen Aktivitätsdaten eingesetzt werden. Diese Geräte treten hauptsächlich in Form von Armbändern oder Hosenclips auf, die über den Messungszeitraum für die Datenerfassung am Körper getragen werden. Während der Messung zeigen die meisten Activity-Tracker über einen kleinen Bildschirm eine Übersicht der täglichen gemessenen Daten an. Abbildung 1.1 zeigt einige häufig verwendete Modelle von Fitness-Trackern an.

Zur vollständigen Auswertung und Visualisierung der gemessenen Daten werden Activity-Tracker drahtlos, beispielsweise per Bluetooth, oder mithilfe eines Verbindungskabels über ein Smartphone oder einen Computer mit der herstellereigenen Cloud synchronisiert. Die Daten werden dann meist auf dem Smartphone oder Computer und in der Cloud gespeichert. Über die Geräte können die Aktivitätsdaten dann als Zahlenwert angezeigt und mit bisherigen Messergebnissen verglichen werden. Um die Leistungsentwicklung des Anwenders auch visuell zu verdeutlichen, bieten die meisten Auswertungstools graphische Darstellungsmöglichkeiten wie etwa Linien- oder Säulendiagramme oder aber auch emotionale Smileys zur Veranschaulichung eines gelungenen oder misslungenen Messergebnisses.

¹http://www.polar.com/us-en/about_polar/news/polar_RS800

²<http://resource.squaretrade.com/img/square-u/content/product-pages/products-lg/FitnessTrackerHero.png>



Abbildung 1.1.: Häufig verwendete Fitness-Tracker Modelle²

Activity-Tracker helfen dem Nutzer also körperliche Aktivitäten im Überblick zu behalten. Allerdings ist vielen Nutzer von Fitness-Trackern nicht bewusst, dass die Erkennung von Aktivitäten auf Messungen und Schätzungen der Hersteller basieren. Dadurch kann der Wert der jeweiligen gemessenen Aktivität vom tatsächlichen Wert dieser Aktivität in unterschiedlichen Graden abweichen. Vielen Nutzern sind diese Messungenauigkeiten von Fitness-Trackern bewusst, anderen hingegen überhaupt nicht. Aber auch Nutzer, denen die Ungenauigkeit bewusst ist, sind sich meist nicht ganz schlüssig, wie hoch diese Ungenauigkeit ist. Das heißt, dass Nutzer vom angezeigten Wert des Fitness-Trackers unterschiedlich beeinflusst werden: Während die einen Nutzer dem angezeigten Wert des Fitness-Trackers eine Toleranz anrechnen oder den angezeigten Wert gedanklich auf- oder abrunden, legen andere Nutzer hingegen viel Wert darauf, die Werte erst zu nehmen und sich die exakten Werte zu merken.

Im Rahmen dieser Arbeit soll in einer Umfrage untersucht werden, wie Nutzer von Fitness-Trackern die Ergebnisse ihrer Geräte interpretieren. Es soll eine Umfrage zu diesem Thema durchgeführt werden, um zu ermitteln, inwiefern den Nutzern Messungenauigkeiten von Fitness-Trackern bewusst sind und wie sie diese Werte interpretieren. Es soll zusätzlich erfragt werden, ob Nutzer während der körperlichen Aktivität auch Informationen zu diesen Messungenauigkeiten haben möchten und in welcher Form diese Messungenauigkeiten visualisiert werden könnten.

Zusätzlich zu der Umfrage soll eine visuell ansprechende alternative Visualisierung als mobile Applikation (im folgenden nur App) mit einkalkulierten Messungenauigkeiten für Android-basierte Smartphones entwickelt und die Akzeptanz und Bedienbarkeit in einer Studie bewertet werden.

Gliederung

Die Arbeit besteht nach der Einleitung aus sechs weiteren Kapiteln und ist in folgender Weise gegliedert:

Kapitel 2 – Hintergrund und verwandte Arbeiten: Hier werden die Grundlagen dieser Arbeit beschrieben. Dies beinhaltet den Aufbau und die Funktionsweise, sowie eine Übersicht der beliebtesten Activity-Tracker. Des Weiteren wurde untersucht, wie weitere Daten anhand von gezählten Schritten berechnet werden können. Zusätzlich wurden verwandte Arbeiten hinsichtlich der Ungenauigkeit von Activity-Trackern untersucht und Ergebnisse resümiert.

Kapitel 3 – In Umfrage wurde eine Umfrage durchgeführt, in der untersucht wurde, wie Fitness-Tracker interpretiert werden und inwiefern Nutzern Messungenauigkeiten in Fitness-Trackern bewusst sind. Die Beschreibung der Umfrage und die dazugehörige Auswertung ist in diesem Kapitel enthalten.

Kapitel 4 – Konzept: Hier wurden anhand der Resultate aus Kapitel 3 Konzepte für alternative Visualisierungen entwickelt und ausführlich beschrieben. Dabei wurden die Visualisierungen und die enthaltene Ungewissheit beschrieben.

Kapitel 5 – Pedometer: Um dem Ziel dieser Arbeit gerecht zu werden, wurden die alternativen Visualisierungen aus Kapitel 4 als App für Android-basierte Smartphones entwickelt. Alle relevanten Informationen zur App und zur Entwicklung von ihr wurden mithilfe von Screenshots in diesem Kapitel anschaulich erklärt.

Kapitel 6 – Benutzerstudie beschreibt die Ergebnisse der Studie, die durchgeführt wurde, um die Akzeptanz und Bedienbarkeit der in Kapitel 5 beschriebenen App zu erfragen. Alle Ergebnisse und Verbesserungsvorschläge, die aus der Studie hervorgingen, sind in diesem Kapitel beschrieben.

Kapitel 7 – Zusammenfassung und Ausblick fasst alle Ergebnisse nochmals kurz zusammen und beschreibt den Nutzen dieser Arbeit. Des Weiteren wird beschrieben, welche Relevanz diese Arbeit für zukünftige Forschungen hat und welche weiteren Forschungen aufbauend auf dieser Arbeit vorangetrieben werden können.

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel werden alle notwendigen Grundlagen geklärt. In Abschnitt 2.1 wird ein Überblick gegeben, um verstehen zu können, welche Grundlagen überhaupt notwendig sind. Abschnitt 2.2 nennt einige Fakten über Fitness-Tracker und zeigt eine Übersicht über beliebte Geräte. Abschnitt 2.3 handelt von der technischen Komponente von Fitness-Trackern und beschreibt, wie Fitness-Tracker funktionieren und welche Sensoren erforderlich sind. Um anhand von gezählten Schritten die verbrauchten Kalorien und die zurückgelegte Distanz berechnen zu können, wurden in unzähligen Forschungen Formeln entwickelt, die in Abschnitt 2.4 beschrieben werden. Die Ungenauigkeiten von Fitness-Trackern wurde in verwandten Arbeiten recherchiert und in Abschnitt 2.5 erklärt.

2.1. Einführung

Jeder digitale Activity-Tracker ist mit Sensoren ausgestattet, die das Messen von körperlichen Aktivitäten, wie etwa Gehen, Laufen, oder körperlichen Zustände, wie dem Puls, ermöglichen. Welche Sensoren in einem Activity-Tracker verbaut sind, hängt von der Art des Activity-Trackers ab und macht sich meist am Kaufpreis bemerkbar.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zwei Arten von Activity-Trackern. Zum einen gibt es die Fitness-Tracker, die speziell dafür entwickelt wurden, um die tägliche körperliche Aktivität des Fitness-Tracker-Nutzers zu messen. Dementsprechend sind diese Tracker mit allen erforderlichen Sensoren ausgestattet und werden kompakt zusammengebaut als Armband oder Hosenc clip am Körper getragen. Zum anderen können körperliche Aktivitäten auch über Smartphones gemessen werden. Dazu erfordert es lediglich einer App, die über die Applikationsmarktplätze der jeweiligen Smartphone-Hersteller heruntergeladen werden kann, um die Daten zu messen und anzuzeigen. Zusätzlich muss das genutzte Smartphone über erforderliche Sensoren verfügen, die für die Messungen notwendig sind.

Beide Arten der Activity-Tracker haben ihre Vor- und Nachteile. Beispielsweise macht sich ein Smartphone in Sachen Tragekomfort praktisch nicht bemerkbar, da ein Smartphone-Nutzer sein Gerät ohnehin nahezu immer mit sich trägt, wohingegen Fitness-Tracker ein weiteres Gerät wäre, das getragen werden muss. Andererseits sind Fitness-Tracker speziell auf das Messen körperlicher Aktivitäten ausgerichtet, versprechen demnach genauere Messungen und haben meist mehr Funktionen als Smartphone-Apps. Letztendlich haben beide Activity-Tracker das gleiche Ziel: das Zählen von Schritten, Kalorien, der zurückgelegten Distanz, etc., die Unterscheidung von körperlichen Aktivitäten, wie beispielsweise Walken, Joggen oder Schwimmen, und eine klare und übersichtliche Anzeige der Aktivitätsdaten für den Endnutzer.

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

Die Aktivitätsdaten werden in einer Datenbank zusammen mit dem Datum und der Zeit gespeichert, wodurch der Nutzer seine Aktivität von mehreren Stunden, Tagen oder Wochen vergleichen kann. Anhand dieser Schritte können nun weitere Daten, wie beispielsweise die verbrannten Kalorien und die zurückgelegte Distanz, berechnet werden. Für die Berechnung dieser Angaben werden allerdings weitere Angaben des Nutzers benötigt. Diese Angaben sind unter anderem das Geschlecht, das Alter, das Gewicht und die Körpergröße des Nutzers und werden meist beim ersten Start der Software abgefragt. Mithilfe dieser Angaben kann anschließend näherungsweise den täglichen Grundumsatz (auch: Ruheumsatz) und die Schrittlänge für die Berechnung der verbrannten Kalorien und der zurückgelegten Distanz berechnet werden.

Das tägliche Ziel ist in den meisten Activity-Trackern durch die minimale empfohlene Schrittzahl für einen Erwachsenen vordefiniert und liegt bei 10000 Schritten pro Tag [CPC07]. Das Ziel des Kalorienverbrauchs und der zurückgelegten Distanz ist bei jedem Nutzer unterschiedlichen, da sich der Grundumsatz und die Schrittlänge bei jedem Menschen unterscheiden und wird daher anhand der angegebenen Körpermaße berechnet.

Die Anzeige der Daten ist der zweitrangige Entscheidungsfaktor für die Wahl eines Trackers (nach den Funktionen eines Activity-Trackers)¹. Smartphone-Apps zeigen die Aktivitätsdaten meist direkt als Zahlenwert, oder in einer graphischen Form in der App an. Die Anzeige von externen Activity-Trackern ist abhängig vom Modell des Activity-Trackers. Einige Fitness-Tracker verfügen über ein kleines Display, über das die wichtigsten Angaben als Zahlenwert zusammengefasst angezeigt werden. Dazu gehören die Anzahl der gelaufenen Schritte, die verbrannten Kalorien, die zurückgelegte Distanz und ähnliche Angaben. Da diese Anzeige für detailliertere Angaben zu klein und ungenau ist, werden externe Activity-Tracker durch eine herstellereigene mobile Smartphone-App oder durch eine Webanwendung unterstützt. Diese App oder Webanwendung ist ein essenzieller Bestandteil eines Activity-Trackers und enthält alle gemessenen Angaben, die in einer oder mehreren Visualisierungen dargestellt werden.

Beide Activity-Tracker haben aber eines gemeinsam: in der Hauptansicht zeigen sie einen exakten textuellen Zahlenwert der gelaufenen Schritte, der verbrannten Kalorien und der zurückgelegten Distanz an. Dies wirft allerdings die Frage auf, ob die angezeigten Werte wirklich so genau sind, wie sie angezeigt werden. Laut den Herstellern sind Messungenauigkeiten so gering, dass sie als vernachlässigbar gelten. Daher werden nur selten Informationen dazu veröffentlicht, wie genau die gemessenen Daten sind.

2.2. Fitness-Tracker Übersicht

In diesem Abschnitt wird die Verbreitung und die zunehmende Beliebtheit von Fitness-Trackern dargelegt. Im ersten Teil werden einige Fakten erläutert, Nutzung. Anschließend folgt eine Übersicht von beliebten und weit verbreiteten Fitness-Trackern, und deren Funktionen.

¹http://www.chip.de/artikel/Fitness-Armband-guenstig-Alle-Fitness-Tracker-im-grossen-Preis-Leistungs-Check_74630696.html

2.2.1. Fakten

Fitness-Tracker sind angesagt und werden immer populärer. Im Jahr 2013 verwendeten fast neun Millionen Deutsche einen Fitness-Tracker.² Untersuchungen zufolge dürfte die Zahl inzwischen auf knapp 11 Millionen gestiegen sein, da allein im Jahr 2015 ein Absatz von 1,07 Millionen Geräten erwartet wird.³ Fitness-Tracker sind vor allem unter 14-29 Jährigen beliebt. Mindestens 21% dieser Altersgruppe nutzt in seinem Alltag einen Fitness-Tracker. Laut einer Studie, die vom Online-Vergleichsportal Idealo durchgeführt und veröffentlicht wurde, stieg das Interesse an Fitness-Trackern im Jahr 2014 um mehr als das Zehnfache als im Vorjahr.⁴

2.2.2. Marktübersicht

Die beliebtesten und Fitness-Tracker werden regelmäßig von unterschiedlichen Zeitschriften und Online-Portalen in Bezug auf die Funktionen, dem Tragekomfort, der Bedienbarkeit, der Hardware und weiteren Gesichtspunkten getestet. Anhand von Suchanfragen und Klicks konnte Idealo ermitteln, welche Fitness-Tracker die beliebtesten sind.⁴ Das Computermagazin Chip hat diese und weitere Fitness-Tracker getestet und nach den genannten Kriterien bewertet.⁵ Im Folgenden wird eine tabellarische Produktübersicht über die Fitness-Tracker gezeigt, die nach der Beliebtheit der Fitness-Tracker sortiert wurde.

²<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Fitness-Tracker-motivieren-zu-mehr-Bewegung-im-Alltag.html>

³<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Smartphones-Tablets-und-Wearables-bringen-Unterhaltungselektronik-in-Schwung.html>

⁴<http://www.ideal.de/presse/2193-die-grosse-fitness-tracker-uebersicht-was-sie-koennen-und-worauf-beim-kauf-zu-achten-ist.html>

⁵<http://www.chip.de/bestenlisten/Bestenliste-Fitness-Tracker--index/detail/id/1171/>

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

Modell	Preis (UVP) in €	Typ	Wichtigsten Funktionen	Leistungsübersicht
Jawbone UP 3 	179,99	Armband	   	nur App
Fitbit Charge HR 	149,45	Armband	    	App und Webanwendung
Medisana MioFuse 	159,95	Armband	   	nur App
Sony Smartband (Talk SWR30) 	159,90	wechselbares Armband	   	nur App
Samsung Gear Fit 	129,00	wechselbares Armband	   	nur App
Withings Pulse Ox 	99,95	wechselbares Armband und Clip	    	App und Webanwendung
Jawbone UP24 	99,95	Armband	  	nur App

Tabelle 2.1.: Die Tabelle zeigt die sieben beliebtesten Fitness-Tracker, deren wichtigsten Funktionen und weitere Informationen.⁶

 = Schrittzähler,  = Kalorienzähler,  = Herzfrequenzmesser,  = Höhenmesser,  = Schlafanalyse. Preise: Stand 20.11.2015. Bildquellen: Jawbone, Fitbit, Medisana, Sony, Samsung, Withings. Iconquelle: Idealo.

2.3. Aufbau und Funktionsweise von Aktivitätsmessern

Activity-Tracker verfügen über unterschiedliche Sensoren, die das Messen von Aktivitäten ermöglichen. Die wohl wichtigsten Sensoren in Activity-Trackern sind dabei die Bewegungssensoren (auch Trägheitssensoren genannt). Dazu gehört der Beschleunigungssensor (auch: Accelerometer) und das Gyroskop (auch: Gyrosensor).⁷

Der Beschleunigungssensor misst die linearen Beschleunigungen über die drei Raumrichtungen. Das Bewegen oder Vorantreiben eines sich im Ruhezustand befindenden Körpers oder langsam bewegten Körpers beschreibt dabei eine positive Beschleunigung (Geschwindigkeitszunahme), während das Anhalten oder Verlangsamen dieses beschleunigten Körpers eine negative Beschleunigung (Geschwindigkeitsabnahme) beschreibt. Die Richtung, sowie die Stärke dieser Beschleunigungen werden vom Beschleunigungssensor wahrgenommen und gemessen. [Mil12]

Allerdings erfassen Beschleunigungssensoren lediglich gradlinige Bewegungen. Wenn sich ein Beschleunigungssensor also um eine der eigenen Achsen dreht, kann der Sensor diese Bewegung nicht wahrnehmen. Daher werden viele Geräte für eine vollständige Bewegungserkennung zusätzlich mit einem Gyroskop ausgestattet. Dieser zeichnet Drehbewegungen um die drei Raumachsen auf und misst die Kraft, die durch diese Drehbewegungen auf den Körper einwirken.⁸ [Sch09] Die Ausstattung eines Activity-Tracker mit einem Gyroskop ist allerdings nicht notwendig um Schritte zu zählen. Für das Zählen der Schritte ist hauptsächlich der Beschleunigungssensor zuständig. Das Gyroskop hat lediglich die Funktion unrelevante Bewegungen zu identifizieren, die ein Beschleunigungssensor eventuell als relevant anerkennen würde. Daher ist ein Gyroskop auch nicht in jedem Activity-Tracker, sondern nur in Topmodellen verbaut. Abbildung 2.1 zeigt die Messrichtungen für positive Linear- und Drehbewegungen an, die die Bewegungssensoren bei der Messung verwenden. [JSPG09]

Die gemessenen Daten können graphisch dargestellt werden und sehen für jede Bewegung anders aus. Abbildung 2.2 zeigt Beispiele für unterschiedliche Laufbewegungen an. Die Höhe der Graphen hängt von der Stärke der Beschleunigung ab. Da beim Joggen im Gegensatz zum Laufen höhere Auf- und Abwärtsbewegungen zustande kommen, hat der Graph in Abbildung 2.2(b) auch größere Ausschläge. Nun muss aber unterschieden werden, welche Beschleunigungen durch echte Schritte und welche durch andere Bewegungen des Geräts entstanden sind. Die Unterscheidung der Beschleunigungen, welche als Schritt gewertet werden sollen, liegt an der Auswertung der Daten. Zunächst wird jede aufgezeichnete Beschleunigung analysiert. Dadurch können detaillierte Informationen wie etwa Häufigkeit, Dauer, Intensität und Muster von Bewegungen abgeleitet werden.¹⁰ [JSPG09, FAZCGGB09, Son15] Um zu überprüfen, ob eine aufgezeichnete Beschleunigung einen Schritt darstellt, durchlaufen sie Algorithmen, die auf Messungen, Schätzungen und Studienergebnissen von den Herstellern der

⁶<http://www.ideal.de/presse/2193-die-grosse-fitness-tracker-uebersicht-was-sie-koennen-und-worauf-beim-kauf-zu-achten-ist.html>

⁷<http://www.fitness-tracker-test.info/ratgeber/funktionsweise/>

⁸<http://www.livescience.com/40103-accelerometer-vs-gyroscope.html>

⁹Überarbeitetes Bild unter Verwendung der Bilder https://www.bruegge.in.tum.de/lehstuhl_1/images/projects/sgd-ws13/tutorials/core-motion/reference_frame.png und https://www.bruegge.in.tum.de/lehstuhl_1/images/projects/sgd-ws13/tutorials/core-motion/rotation_frame.jpg

¹⁰https://help.fitbit.com/articles/de/Help_article/Informationen-zum-Fitbit-Charge-1416091255254

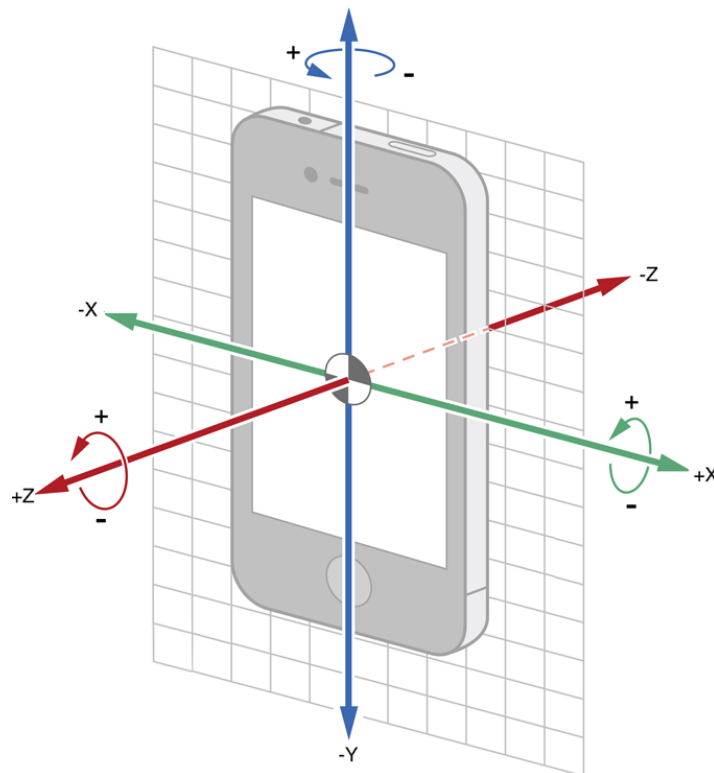


Abbildung 2.1.: Die Abbildung zeigt die Messachsen und -richtungen eines Beschleunigungssensors und die Rotationsrichtung eines Gyroskops in einem Smartphone. Smartphone.⁹

Activity-Tracker basieren [MM09]. Diese Algorithmen erkennen beispielsweise typische Bewegungsmuster, die bei Laufbewegungen eines Menschen entstehen. An diese Bewegungsmuster sind einige Bedingungen geknüpft, die erfüllt werden müssen, damit eine Bewegung auch als Schritt erkannt wird.¹¹ Beispielsweise muss die durch die Bewegung erzeugte Beschleunigung groß genug sein. Dafür wird vom Algorithmus ein Schwellenwert gesetzt, der überschritten werden muss. Die Berechnung dieses Schwellenwerts ist abhängig vom Körper des Nutzers und wird anhand der abgefragten Körpermaße berechnet. Wenn die Beschleunigung diesen Schwellenwert überschreitet, wird diese Bewegung als Schritt gewertet. Andernfalls betrachtet der Algorithmus die Bewegung als irrelevant und vernachlässigt diese Bewegung.

2.4. Berechnung der Aktivitätsdaten

Ein Activity-Tracker zählt anhand der beschriebenen Beschleunigungen meist nur die Schritte eines Nutzers. Allerdings wünscht man sich von einem Aktivitätsmesser auch die Anzahl der verbrauch-

¹¹<http://www.fitness-tracker-test.info/ratgeber/funktionsweise/>

¹²Bildquelle: <http://www.fitness-tracker-test.info/ratgeber/funktionsweise/>

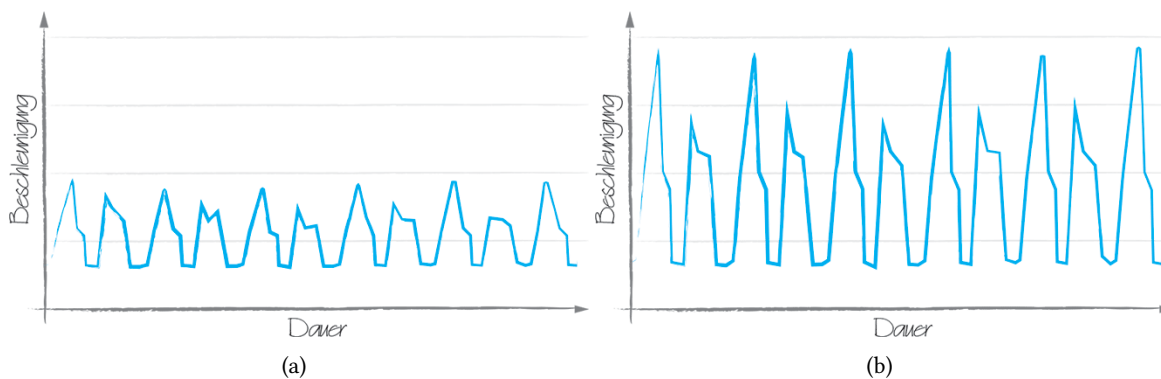


Abbildung 2.2.: Es werden zwei schematische Beispiele für Graphen einer Messung der Beschleunigung (a) beim Gehen und (b) beim Joggen gezeigt.¹²

ten Kalorien und die zurückgelegte Distanz angezeigt zu bekommen. Jedoch unterscheiden sich die verbrauchten Kalorien und die zurückgelegte Distanz trotz gleicher Schrittzahl aufgrund von unterschiedlichen körperlichen Bedingungen bei fast jedem Menschen. Außerdem wird beispielsweise für die Berechnung der Distanz die Schrittlänge eines jeden Nutzers benötigt, doch ohne Hilfe ist es für viele schwer, die eigene Schrittlänge zu messen.

Durch wissenschaftliche Untersuchungen und Studien ist es Forschern gelungen, Formeln für die Berechnung dieser Daten zu entwickeln. Diese Formeln werden bei der Berechnung der Aktivitätsdaten von Activity-Trackern verwendet. Jedoch benötigen die Tracker dafür weitere Informationen über den Nutzer. Dazu gehört das Geschlecht, das Alter, das Körpergewicht und die Körpergröße. Unter Angabe dieser Daten können moderne Activity-Tracker alle weiteren Daten näherungsweise berechnen. Im Folgenden wird gezeigt, welche Daten man aus den genannten persönlichen Informationen berechnen kann und welche Methoden es für die Berechnung dieser Daten gibt.

2.4.1. Berechnung der Schrittlänge anhand der Körpergröße

Die Schrittlänge ist der Abstand zwischen den beiden Fersen oder Zehenspitzen der Füße eines Menschen. Anhand von statistischen Messungen konnte eine Formel aufgestellt werden, die die Schrittlänge L eines Menschen anhand seiner Körpergröße H näherungsweise berechnet:

$$L = C \cdot H$$

Die Formel enthält einen konstanten Faktor c , der abhängig vom Geschlecht wie folgt definiert wurde: Männer:

$$C = 0,415$$

Frauen:

$$C = 0,413$$

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

Die durchschnittliche Schrittlänge liegt bei Männern bei 78cm und bei Frauen bei 70cm.¹³

Die beschriebene Formel bezieht sich auf die Schrittlänge beim normalen Gehen (ca. 4km/h). Es sollte beachtet werden, dass sich die Schrittlänge durch unterschiedliche Aktivitäten verändern kann. Beispielsweise ist die Schrittlänge beim Joggen nicht dieselbe wie die beim Gehen. Aufgrund der starken Unterschiedlichkeit von Menschen ist es nicht möglich, eine allgemeingültige Formel für unterschiedliche Aktivitäten jedes Menschen zu entwickeln. Eine andere Möglichkeit die Schrittlänge zu berechnen, ist ein Test, bei dem man eine Strecke, dessen Länge bekannt ist, abläuft und dabei die gelaufenen Schritte zählt. Anschließend kann die zurückgelegte Distanz durch die Schritte geteilt werden, um die Schrittlänge zu erhalten. Einige Fitness-Tracker nutzen diese Methoden, um die Schrittlänge zu kalibrieren. Dabei wird der Nutzer dazu aufgefordert, eine Strecke mit einer vorgegebenen Länge mehrmals mit unterschiedlicher Laufgeschwindigkeit abzulaufen. Der Fitness-Tracker zählt dabei bei jedem Durchlauf die Schritte und berechnet anschließend die Schrittlänge für jede der vorgegebenen Aktivitäten.¹⁴

2.4.2. Berechnung der verbrauchten Kalorien

Um die verbrauchten Kalorien eines Menschen zu berechnen, muss zuerst der Grundumsatz von ihm bestimmt werden. Der Grundumsatz beschreibt die Energie, die ein menschlicher Körper an einem Tag bei völliger Ruhe benötigt. Dieser ist nicht zu verwechseln mit dem Leistungsumsatz. Der Leistungsumsatz ist die Energie, die der Körper aufgrund von körperlichen Aktivitäten zusätzlich benötigt. Demnach ist die gesamte Energie, die der Körper an einem Tag verbraucht, die Summe aus dem Grundumsatz und dem Leistungsumsatz.¹⁵

Für die Berechnung der verbrauchten Kalorien ist lediglich der Grundumsatz erforderlich. Es gibt viele verschiedene Methoden, die anhand von unterschiedlichen Parametern den Grundumsatz näherungsweise berechnen können. Gängige und in der heutigen Ernährungsmedizin anerkannte Methoden zur Berechnung des Grundumsatzes ist die Harris-Benedict-Formel und die Mifflin-St.Jeor-Formel.

- Im Jahr 1919 entwickelte Harris Benedict die nach ihm benannte Harris-Benedict-Formel. Unter der Verwendung des Geschlechts, des Körpergewichts W , der Körpergröße H und dem Alter A eines Menschen berechnet die Formel einen näherungsweisen Grundumsatz (englisch resting metabolic rate, kurz: RMR). [FMR98, AHH⁺08]

Männer:

$$RMR(W, H, A) = (66,47 + 13,75 \cdot W + 5,0 \cdot H - 6,75 \cdot A) \frac{kcal}{day}$$

Frauen:

$$RMR(W, H, A) = (665,09 + 9,56 \cdot W + 1,84 \cdot H - 4,67 \cdot A) \frac{kcal}{day}$$

¹³<https://www.walkingwithattitude.com/articles/features/how-to-measure-stride-or-step-length-for-your-pedometer>

¹⁴<http://www.fitness-tracker-test.info/berechnung-distanz-und-kalorienverbrauch/>

¹⁵<http://www.gesundepfunde.com/grundumsatz-gesamtumsatz-definition-berechnung/>

- Die Mifflin-St.Jeor-Formel wurde im Jahr 1990 von Mifflin und St. Jeor veröffentlicht. Auch hier wird für die Berechnung das Körpergewicht, die Körpergröße und das Alter eines Menschen verwendet, sowie zwischen dem Geschlecht unterschieden. [MSJH⁺90, AHH⁺08]

Männer:

$$RMR(W, H, A) = (10 \cdot W + 6,25 \cdot H - 5 \cdot A + 5) \frac{kcal}{day}$$

Frauen:

$$RMR(W, H, A) = (10 \cdot W + 6,25 \cdot H - 5 \cdot A - 161) \frac{kcal}{day}$$

Beide Formeln wurden in unzähligen Studien auf Genauigkeit getestet und ergaben immer ein positives Resultat. [FMR98, AHH⁺08, HHJF11]

Um nun die verbrauchten Kalorien zu berechnen, wird das metabolische Äquivalent (engl. metabolic equivalent of task; kurz: MET) verwendet. Das MET ist die Einheit der Intensität von körperlichen Aktivitäten und gibt den Kalorienverbrauch dieser Aktivitäten als ein Vielfaches des Grundumsatzes an. In Tabelle 2.2 sind einige Beispiele von MET-Werten für unterschiedliche Aktivitäten angegeben.¹⁶

Fitness-Tracker verwenden teils noch viele weitere komplexe Algorithmen, um die Kalorien während einer körperlichen Aktivität zu messen, wie beispielsweise in [YPF13] beschrieben. Diese Algorithmen sammeln weitere Daten über den Nutzer, während sich dieser bewegt, und berechnen damit für jeden Nutzer individuelle Parameter, die in die Berechnung der Kalorien mit einfließt.

Körperliche Aktivität	MET
Ruhiges Liegen/Sitzen	1,0
Stehen	1,2
Büroarbeit (im Sitzen)	1,5
Kochen	2,5
Gehen (langsam 4km/h)	3,0
Gehen (mittel 5km/h)	3,5
Gehen (schnell 6-7km/h)	4,5
Laufen (langsam, 5km/h)	5,1
Laufen (mittel, 8km/h)	8,3
Laufen (schnell, 12km/h)	12,4

Tabelle 2.2.: Exemplarische MET-Werte für körperliche Aktivitäten.¹⁷

¹⁶<http://www.novafeel.de/ernaehrung/met-metabolische-aequivalent.htm>

¹⁷https://www.gesundheit.gv.at/Portal.Node/ghp/public/content/Energieverbrauch_Aktivitaeten.html

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

Die verbrauchten Kalorien in einer Stunde sind das Produkt aus dem Grundumsatz eines Menschen und dem MET-Wert der jeweiligen Aktivität:

$$\text{Verbrauchte Kalorienanzahl pro Stunde} = RMR(W, H, A) \cdot MET(\text{Aktivität})$$

2.4.3. Berechnung der zurückgelegten Distanz

Die zurückgelegte Distanz kann mithilfe von GPS-Sensoren sehr genau bestimmt werden. Allerdings sind in den meisten Fitness-Trackern keine GPS-Sensoren verbaut. Daher wird die Distanz aus der Anzahl der zurückgelegten Schritte berechnet und ist einfach das Produkt aus den gelaufenen Schritten und der Schrittlänge.

2.4.4. Fallbeispiel

Um nun verstehen zu können, wie die verbrauchten Kalorien berechnet werden, wird im Folgenden ein konkretes Beispiel die Berechnung zeigen¹⁸: Berechnung der Kalorien für Max im Alter von 25 Jahren mit einer Körpergröße von 180cm und einem Körpergewicht von 80kg. Zuerst benötigen wir den Mindestumsatz von Max. Dazu verwenden wir die Harris-Benedict-Formel:

$$(66,47 + 13,75 \cdot 80kg + 5,0 \cdot 180cm - 6,75 \cdot 25a) \frac{kcal}{day} \approx 1898 \frac{kcal}{day}$$

Der Mindestumsatz von Max beträgt also 1898kcal pro Tag. Pro Stunde entspricht das eine benötigten Energie von ca. 79,08kcal.

Max geht nun eine Stunde lang mit 4km/h spazieren. Wir multiplizieren den MET-Wert seiner Aktivität mit seinem Grundumsatz pro Stunde und erhalten die verbrauchten Kalorien dieser Aktivität:

$$79,08 \frac{kcal}{h} \cdot 3,0 = 237,24 \frac{kcal}{h}$$

Mit einer Geschwindigkeit von 4km/h läuft Max in einer Stunde 4000m. Seine Schrittlänge beträgt

$$180cm \cdot 0,415 = 74,7cm$$

In 4000m läuft Max folglich

$$4000m / 0,747m \approx 5355 \text{ Schritte}$$

Pro Schritt verbraucht Max also näherungsweise:

$$237,24kcal / 5355 \text{ Schritte} \approx 0,0443 \frac{kcal}{\text{Schritt}}$$

Durch diesen Wert können alle weiteren Berechnungen bezüglich der zurückgelegten Schritte durchgeführt werden.

¹⁸<http://www.fitness-tracker-test.info/berechnung-distanz-und-kalorienverbrauch/>

2.5. Schwierigkeiten beim Messen von Aktivitäten

Es gibt viele Faktoren, die der Messgenauigkeit von Activity-Trackern beisteuern. Der wichtigste Punkt, der beim Verstehen der Schwierigkeiten beim Messen zu beachten ist, ist dass Menschen grundverschieden sind. Auch bei gleicher Körpergröße und gleichem Gewicht zweier Menschen können Activity-Tracker in Bezug auf reale Daten aufgrund von anderweitigen Faktoren keine zu einhundert Prozent richtigen Daten liefern. Jede Messung und Berechnung kann daher fehlerbehaftet sein. Die Wertung, welche Bewegung als Schritt gewertet werden soll, hängt von den statistischen Daten ab, auf denen dieser Algorithmus basiert.¹⁹ Die Daten wiederum sind das Resultat von vielen durchgeführten Messungen und Studien. Doch trotz einer hohen Teilnehmerzahl dieser Studien ist es nicht möglich, bei der Erkennung von Schritten die Körpermaße und -eigenschaften aller Menschen zu generalisieren.

Ein Activity-Tracker kann an unterschiedlichen Stellen vom Körper getragen werden. Wo er getragen wird, hängt von der Art des Activity-Trackers ab. Beispielsweise wird ein Smartphone meist in der Hosentasche getragen und zeichnet von dort aus alle Bewegungen auf, während Fitness-Tracker als Armband am Arm oder als Clip am Hosenbund und in der Kleidung getragen werden können. Im Laufe eines Tages kommt man in Situationen, bei denen beispielsweise Hände und der Körper unterschiedlich stark und oft bewegt werden, sodass ein Fitness-Tracker am Arm beispielsweise Schritte aufzeichnet, während ein Fitness-Tracker am Hosenbund keine Bewegung wahrnimmt (oder umgekehrt). [CBVP15] So kann es dazu kommen, dass nach dem Zähne putzen, Kochen oder Tippen auf einer Computertastatur ein Fitness-Tracker am Arm mehr Schritte anzeigt, als einer am Hosenbund. Viele solcher Bewegungen werden von den Algorithmen von am Hosenbund getragenen Fitness-Trackern meist ignoriert, da sie den Schwellenwert schlichtweg nicht überschreiten. Allerdings gibt es auch Bewegungen, die einer normalen Laufbewegung so ähnlich sind, dass der Algorithmus diese Bewegung als einen Schritt wertet.²⁰

2.5.1. Analyse der Messgenauigkeit von Activity-Trackern

Um herauszufinden, wie genau Fitness-Tracker sind, gibt es zahlreiche Tests und Studien, die von unterschiedlichen Zeitschriften oder Forschungsinstituten durchgeführt wurden. Regelmäßige Tests werden beispielsweise vom Computermagazin „CHIP“ durchgeführt. Aktuelle Fitness-Tracker wurden nach einigen Kriterien getestet, wo auch die Genauigkeit dazugehört hat. Es wurden insgesamt 29 Fitness-Armbänder getestet. Dabei wurden die Armbänder in Gruppen am Arm getragen und durch alltägliche Situationen geführt. Die durchschnittliche Messgenauigkeit bei der Schrittzählung der Fitness-Tracker lag bei $97,46 \pm 2,54\%$ (Wertebereich: 86,8 - 99,6%). Bei der Distanzmessung lag die durchschnittliche Messgenauigkeit bei $88,1 \pm 8,58\%$ (Wertebereich: 61,8 - 98,7%).²¹

Bei einem weiteren Test, der in [GLKB13] beschrieben ist, wurden einige Activity-Tracker in einer Studie getestet. Unter den getesteten Geräten war das Fitbit One, das Nike+ Fuelband und Nike+

¹⁹<http://www.fitness-tracker-test.info/berechnung-distanz-und-kalorienverbrauch/>

²⁰https://help.fitbit.com/articles/de/Help_article/Wie-genau-ist-die-Surge?p=zip&c=Topics%3AAccuracy&l=de&fs=Search&pn=1

²¹<http://www.chip.de/bestenlisten/Bestenliste-Fitness-Tracker--index/detail/id/1171/>

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

Sportsband, sowie die iPhone-App *Moves*. Um die Messgenauigkeit zu bestimmen, wurden Studienteilnehmer mit den genannten Sensoren ausgestattet und liefen mehrmals eine 400m lange Strecke ab. Dabei zählten Sie jeden einzelnen mit einem mechanischen Klicker. Nach jedem Durchgang wurden die gemessenen Daten notiert. Abbildung 2.3 zeigt das Bild eines Studienteilnehmers mit den angebrachten Trackern. [GLKB13]



Abbildung 2.3.: Für die Studie wurden die Teilnehmer wie auf der Abbildung mit unterschiedlichen Activity-Trackern ausgestattet, um die Genauigkeit der Tracker zu ermitteln und diese untereinander zu vergleichen. Bildquelle: [GLKB13]

Bei der Schrittmessung schnitt das Fitbit One mit einer Fehlerrate von $1,05 \pm 2,26\%$ am besten ab. Das Nike+ Fuelband zeigte mit einer Fehlerrate von $7,79 \pm 9,17\%$ ein etwas schlechteres Ergebnis. Die Moves-App schnitt mit einer Fehlerrate von $27,28 \pm 29,97\%$ am schlechtesten ab.

In einer anderen Studie, an der 20 Leute teilnahmen, untersuchten Sasaki et al. die Genauigkeit des Kalorienverbrauchs eines Fitbit Classic bei unterschiedlichen körperlichen Aktivitäten, die man an einem durchschnittlichen Tag ausführt. Um einen möglichst genauen Vergleichswert zu haben, wurde der Kalorienverbrauch der Studienteilnehmer mithilfe des tragbaren Oxycon Mobile Systems gemessen. Die durchschnittliche Fehlmessung der Kalorien lag bei $-4,5 \pm 1,0$ kcal/6 min. Anhand von paarweisen t-Tests wurde ermittelt, dass bei Aktivitäten, wie Fahrrad fahren, Wäsche waschen, Laufen auf dem Laufband bei 4,8km/h und einer Steigung von 5% und beim Treppen auf- und absteigen der vom Fitbit-Gerät gemessene Kalorienverbrauch signifikant unter dem tatsächlichen Wert lag. Beim Tragen von Einkäufen hingegen wurde der Kalorienverbrauch signifikant überhöht gemessen. Die Schlussfolgerung aus der Studie war, dass beispielsweise „Abnehm-App“ aufgrund der signifikanten Fehlmessungen der genannten Aktivitäten zu ungenaue Informationen über den Kalorienverbrauch liefern würden. Es sei wichtig, die Genauigkeit dieser Informationen zu maximieren, um genauere Rückmeldungen zu erhalten. [SHM⁺14]

Auch Crouter et al. untersuchten die Genauigkeit von 10 Fitness-Trackern bezüglich der Messgenauigkeit von Schritten, Kalorien und Distanz. Dazu ließen sie 10 Studienteilnehmer auf einem Laufband in fünf Durchgängen Geschwindigkeiten zwischen 54 und 107m/min für jeweils 5min laufen. Dabei stellte sich einer der Studienleiter zu den Teilnehmern und zählte händisch die gelaufenen Schritte.

Zusätzlich wurde mittels indirekter Kalorimetrie der Kalorienverbrauch berechnet. Bei der indirekten Kalorimetrie werden anhand der ein- und ausgeatmeten Sauerstoffkonzentration, dem Atemvolumen und dem Grundumsatz die verbrauchten Kalorien berechnet. Die Auswertung der Studie ergab, dass die Schrittzähler bei der niedrigeren Geschwindigkeiten weniger Schritte zählten. Die Genauigkeit verbesserte sich allerdings mit zunehmender Laufgeschwindigkeit. Ab einer Geschwindigkeit von 80m/min lag die durchschnittliche Anzahl der gemessenen Schritte im Vergleich zu den tatsächlichen gelaufenen Schritten bei $\pm 1\%$. Die Distanzmessung ergab, dass bei der Fehllrate bei einer Geschwindigkeit von 80m/min bei $\pm 10\%$ lag. Des Weiteren fiel auf, dass von den Fitness-Trackern bei langsameren Geschwindigkeiten ein erhöhter und bei schnelleren Geschwindigkeiten ein erniedrigter Distanzwert gemessen wurde. Bei der Kalorienmessung war es nicht bei allen Fitness-Trackern bekannt, ob sie den Kalorienverbrauch als Netto- oder Bruttowert anzeigen. Ausgehend von einem Nettowert ergab sich, dass unabhängig von der Geschwindigkeit stets ein erhöhter Kalorienverbrauch angezeigt wurde. Ein Bruttowert würde bedeuten, dass die Genauigkeit unabhängig von der Geschwindigkeit bei $\pm 30\%$ liegt. Als Resultat erbrachte die Studie, dass die meisten Pedometer die Schritte meist recht zuverlässig und relativ genau zählen würden. Bei der Berechnung der zurückgelegten Distanz und vor allem bei der Berechnung verbrauchten Kalorien hingegen seien die Activity-Tracker ziemlich ungenau. [CSKB03]

Eine weitere Untersuchung über die Genauigkeit von Activity-Trackern wurde von Caitlin M. Stackpool durchgeführt. Dazu testete Sie in einer Studie mit 20 Teilnehmern im Alter von 18 - 44 Jahren die Fitness-Tracker Nike Fuelband, BodyMedia FIT Core, Adidas MiCoach, Fitbit Ultra und Jawbone UP. Die Studie wurde in zwei Teile aufgeteilt: die Messung der verbrannten Kalorien und die Messung der zurückgelegten Schritte. Während der Studie trugen die Studienteilnehmer zusätzlich im ersten Teil einen tragbaren Stoffwechseluntersuchungssystem zur Ermittlung der verbrauchten Kalorien und im zweiten Teil einen herkömmlichen Pedometer am Hosenbund, um die Schritte zu zählen. Die Wahl des Pedometers begründet Stackpool mit der Studie von Crouter et al. (siehe [CSKB03]), die ergab, dass die Abweichung der gezählten Schritte zu den tatsächlichen Schritten auf einem Laufband bei $\pm 1\%$ liegen. Jeder Teil dauerte 50 Minuten, in denen die Studienteilnehmer unterschiedliche körperliche Aktivitäten auf einem Laufband und Crosstrainer, sowie in einer Turnhalle durchführen mussten, wie beispielsweise in unterschiedlichen Geschwindigkeiten laufen oder Basketball spielen. Nach jeder Übung wurden die gezählten Schritte und angezeigten verbrauchten Kalorien der Fitness-Tracker mit den des Pedometers und dem Stoffwechseluntersuchungssystem verglichen und notiert. Mithilfe von statistischen Tests untersuchte Stackpool die Aktivitätsdaten. Sie kam auf das Ergebnis, dass die Messgenauigkeit aller Fitness-Tracker generell von der Art der Aktivität abhängt. Sie stellte zudem fest, dass die Zählung der Schritte während den Übungen auf dem Laufband und Crosstrainer ein recht zufriedenstellendes Ergebnis lieferte, da die Abweichung bei keinem Fitness-Tracker über 10% lag. Bei den freien Übungen in der Turnhalle ergaben sich höhere Abweichungen, die Stackpool damit begründete, dass freie Bewegungen sehr unterschiedlich und komplex sein können und Fitness-Tracker diese Bewegungen nicht differenzieren können.

2.6. Visualisierung von Ungewissheit

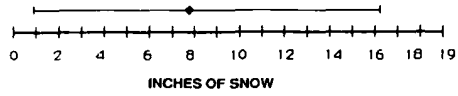
Eine Visualisierung ist ein wertvoller Ansatz, um große Datenmengen anschaulich darzustellen und die Analyse der Daten zu vereinfachen. Allerdings hängt die Wahl der Visualisierung von den Daten ab, die visualisiert werden müssen. Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt wurde, können Daten eine Ungewissheit enthalten, die von den Visualisierungen dargestellt werden müssen, um die richtigen Erkenntnisse aus den Daten ableiten zu können. Dabei sollte zuerst die Definition von *Ungewissheit* geklärt werden. Die folgenden Störfaktoren können dazu führen, dass Aktivitätsdaten Fehler enthalten [GS06, THM⁺05]:

- Genauigkeit/Fehler (Unterschied zwischen der Beobachtung und dem wahren Wert)
- Präzision/Messgenauigkeit
- Vollständigkeit der Daten
- Herkunft der Daten (z.B. aus erster Hand oder aus zweiter Hand)
- Timing (Zeitliche Lücke zwischen dem Auftreten des Fehlers und der Messung)
- Subjektivität (Grad des subjektiven Einflusses auf die Daten)
- Unerwünschte Hintergrundeinflüsse

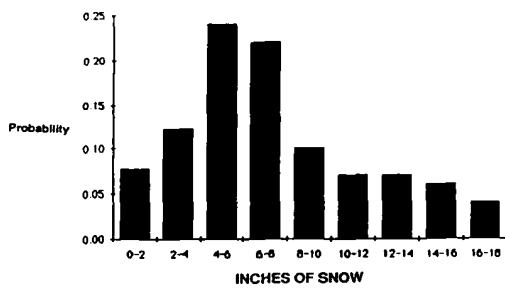
Es wird versucht diese Störfaktoren durch Verbesserungen der Sensoren oder programmatisch zu minimieren, doch eine vollständige Beseitigung ist mit aktuellen Activity-Trackern nicht möglich. Daher sollten ungewisse Visualisierungen die Aktivitätsdaten so darstellen, dass auch die Störfaktoren mitberücksichtigt werden und somit ungenaue Folgerungen ausgeschlossen werden.

Ibrekk und Morgan entwarfen neun verschiedene Visualisierungen, die quantitative Informationen zusammen mit ihrer Ungewissheit darstellen. In einem Experiment wurde in den Visualisierungen die Wahrscheinlichkeit der Höhe des Schnees in den kommenden Tagen dargestellt (siehe Abbildung 2.4). Picture 1 aus Abbildung 2.4 zeigt einen horizontalen Fehlerbalken, der 95% des Konfidenzintervalls auf einem Zahlenstrahl einschließt. Ein Punkt auf dem Balken weiß auf die höchste Wahrscheinlichkeit hin. Je näher sich ein Wert an dem Punkt befindet, desto wahrscheinlicher ist es, dass dieser Wert auftritt. Picture 2 zeigt ein Säulendiagramm, das die Wahrscheinlichkeiten der Höhen des Schnees darstellt. Jede Säule steht für ein Höhenintervall von 2inch. Je höher die Säule ist, desto wahrscheinlicher ist, dass der Schnee diese Höhe erreicht. Abbildung 3 stellt das Szenario in einem Kreisdiagramm dar, in dem jeder Bereich des Diagramms für ein Höhenintervall steht. In Picture 4 sind die Daten in einem Liniendiagramm gezeichnet. Je höher ein Wert im Diagramm dargestellt wird, desto höher ist seine Wahrscheinlichkeit. Picture 5 zeigt ähnlich wie in Picture 4 die Daten als Linie dar, allerdings um die Hälfte des Diagramms nach oben verschoben und nach unten gespiegelt. Dadurch wird ein Bereich eingeschlossen, der die höchste Wahrscheinlichkeit an der Stelle hat, wo auch die längste Vertikale im eingeschlossenen Bereich eingefügt werden kann. Die Pictures 6 und 7 zeigen horizontale Balken mit konstanter Breite, die anhand der Wahrscheinlichkeitsdichte punktiert oder vertikal liniert dargestellt werden. In Picture 8 sind die Daten mittels horizontalem Boxplot angezeigt. Abschließend zeigt Picture 9 erneut ein Liniendiagramm der Daten, diesmal allerdings mit kumulativen Wahrscheinlichkeiten. Das Resultat des Experiments ergab keine überzeugenden Ergebnisse. [IM87]

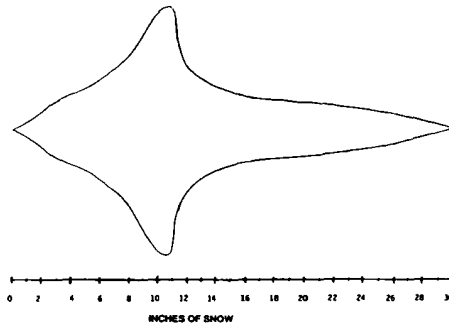
Picture 1



Picture 2



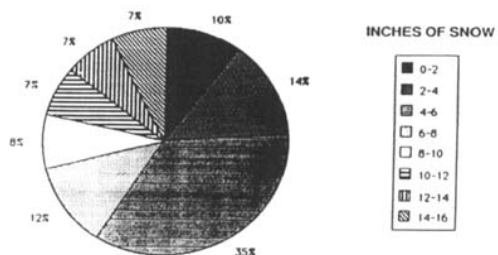
Picture 5



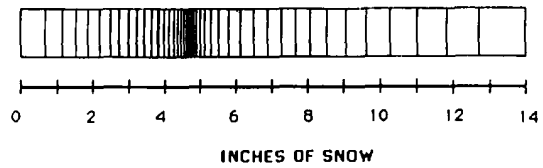
Picture 6



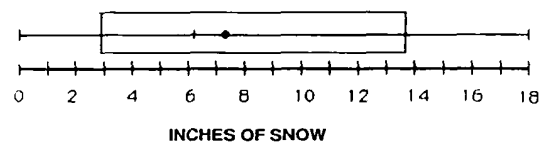
Picture 3



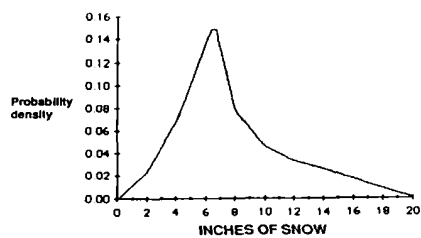
Picture 7



Picture 8



Picture 4



Picture 9

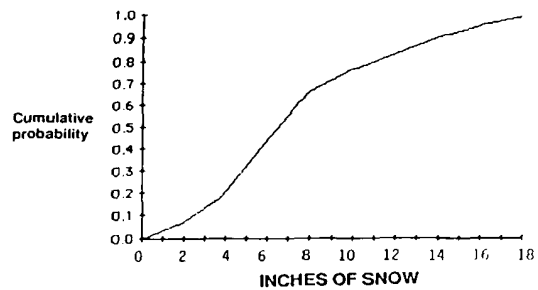


Abbildung 2.4.: Die Abbildung zeigt neun ungewisse Visualisierungen.

2. Hintergrund und verwandte Arbeiten

In einem weiteren Paper beschreiben Correll und Gleicher, wie Mittel- und Fehlerwerte in einer alternativen Visualisierung zu einem Säulendiagramm mit Fehlerbalken dargestellt werden kann. In Abbildung 2.5 werden die Visualisierungen anhand von Beispieldaten angezeigt. Alle Diagramme

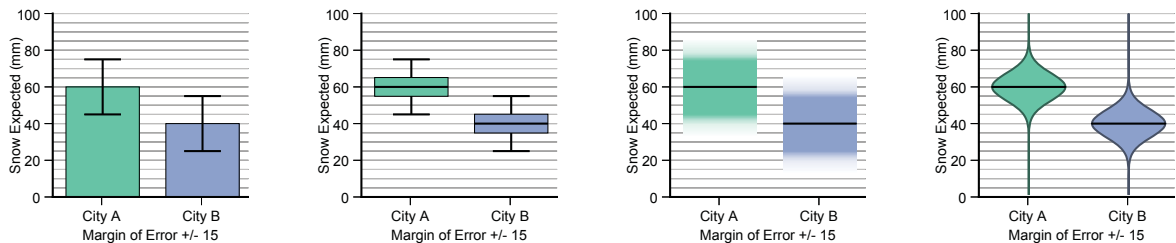


Abbildung 2.5.: In der Abbildung sind neben einem Fehlerbalkendiagramm drei alternative Visualisierungen zu sehen. Die Beispieldaten zeigen den erwarteten Schneefall in zwei Städten an.

zeigen die erwartete Höhe des Schnees in zwei Städten an. Das erste Diagramm zeigt ein gängiges Fehlerbalkendiagramm. Das obere Ende der Säule zeigt den Mittelwert an, während der Fehlerbalken prozentual ein Minimum und Maximum berechnet. Diese Werte werden anschließend durch Querlinien an den Enden des Fehlerbalkens angezeigt. Auf dem zweiten Diagramm ist ein modifizierter Boxplot abgebildet. Die Mitte der Säule zeigt den Mittelwert der Daten an. Die oberen und unteren Enden der Säulen zeigen jeweils Werte mit 95%iger Richtigkeit an. Der Fehlerbalken und die Querlinien sind hier genau wie beim ersten Diagramm berechnet und dargestellt. Das dritte Diagramm zeigt eine neuartige Visualisierung an. Es wurde aus dem Boxplot abgeleitet und so modifiziert, dass sich die oberen und unteren Enden der Säule bis zu den Enden des Fehlerbalkens erstrecken und die Querlinien des Fehlerbalkens sowie den Fehlerbalken ersetzen. Die Enden der Säule werden mit zunehmender Ungewissheit transparent. Je ungewisser die Daten sind, desto höher ist die Transparenz. Im vierten Diagramm sind Säulen nun geformt. Die Mitte zeigt erneut den Mittelwert an und hat die größte Breite. Mit zunehmender Ungewissheit verkleinert sich die Breite der Säule bis sie zu einer einfachen Linie wird, die sich über die Länge des Diagramms erstreckt. [CG14]

Weitere Visualisierungen von Ungewissheiten wurden Greis et al. getestet und beschrieben. Dazu suchten sie sich zwölf Visualisierungen aus und führte eine Umfrage mit 90 Teilnehmern durch, um die Visualisierungen in unterschiedlichen Aspekten zu testen. Die Abbildung 2.6 zeigt zwölf verschiedene Visualisierungen, wie ungewisse Daten dargestellt werden können. Repr 1 bis Repr 3 zeigen textuelle Darstellungen. Bei Repr 1 zeigt dabei nur die den erwarteten Wert ohne die Angabe von Ungewissheiten an. Repr 2 und 3 geben als Zusatzinformation die Standardabweichung beziehungsweise die 25%, 50% und 75% Quartilen an. Repr 4 stellt die Werte in einem Liniendiagramm dar. Dadurch sind die Werte der einzelnen Tage einfacher zu vergleichen. Die farbige Fläche um die Linie herum zeigt dabei die Ungewissheit der Daten an. Repr 5 und 6 zeigen Boxplots und Säulendiagramme mit Fehlerbalken, wie sie auch in Abbildung 2.5 zu sehen sind. In Repr 7 wurden die Daten ähnlich wie in Abbildung 2.4 Picture 2 gruppiert in einem Säulendiagramm angeordnet. Hier gilt auch, je höher die Säulen sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der jeweilige Wertebereich erreicht wird. Repr 8 zeigt die Daten in einem gestapelten Säulendiagramm mit konstanter Höhe. Die Balken sind dabei farblich unterteilt, wobei die Farben für die Wertebereiche stehen. Das Flächendiagramm in Repr 9 hat wie in Repr 8 ebenfalls eine konstante Höhe und füllt anstelle von drei Säulen eine große Fläche. Die Flächen

liegen auch hier übereinander, wobei eine größere Fläche auch für eine höhere Wahrscheinlichkeit steht. Repr 10 zeigt Balken, die ähnlich wie in Picture 6 und 7 von Abbildung 2.4, allerdings haben die Balken hier keine konstante Breite. Die Ungewissheit wurde durch die Transparenz der Farben verdeutlicht. In Repr 11 und 12 sind funktionale Graphen zu sehen, die die Wahrscheinlichkeit und kumulative Wahrscheinlichkeit der Wertebereiche anzeigen. Die Auswertung ergab, dass die Anzeige von mehr Ungewissheit in einer Visualisierung nicht unbedingt zu besseren Entscheidungen oder Erkenntnissen über die Daten führt. [GOHS15]



Abbildung 2.6.: Die Abbildung zeigt zwölf ungewisse Visualisierungen am Beispiel von erwartetem Regenfall über drei Tagen. 1–3: Textuelle Darstellungen, 4: Liniendiagramm mit Flächendiagramm, 5: Boxplot, 6–7: Säulendiagramm, 8: Gestapeltes Säulendiagramm, 9: Flächendiagramm, 10: Getönte horizontale Balken, 11–12 Funktionsgraphen

3. Umfrage

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse einer Umfrage beschrieben, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführt wurde. Im Abschnitt 3.1 wird der Aufbau und die Ziele, sowie die verwendeten Werbewege für die Umfrage beschrieben. Anschließend folgt im Abschnitt 3.2 die Auswertung der Umfrage.

3.1. Aufbau und Ziele

Die Umfrage (siehe Anhang A) wurde über eine Limesurvey Instanz¹, die auf den Servern der Universität Stuttgart läuft, erstellt und durchgeführt. Sie wurde bei der Erstellung in fünf Bereiche aufgeteilt und haben die Bezeichnungen A bis E in aufsteigender alphabetischer Reihenfolge erhalten. In dieser Reihenfolge wurden den Umfrageteilnehmer die Fragen angezeigt, jedoch hat nicht jeder Teilnehmer alle Frageblöcke zu sehen bekommen. Es musste zuerst differenziert werden, welche Teilnehmer in der Lage sind, auf Fragen bezüglich der Ungenauigkeit von Activity-Trackern Aussagen treffen zu können. Beispielsweise wurden Teilnehmern ohne bisherige Erfahrungen mit Activity-Trackern keine expliziten Fragen zur Ungenauigkeit von Activity-Trackern gestellt. Um einen Überblick über die Frageblöcke zu erhalten, werden diese im Folgenden kurz beschrieben:

- Frageblock A: Dieser Frageblock musste von jedem Umfrageteilnehmer ausgefüllt werden. Hier wurden zunächst nach persönlichen Angaben wie dem Alter, Beruf und höchsten Bildungsabschluss gefragt. Anschließend folgten Fragen, die nach einer Selbsteinschätzung des körperlichen Sportverhaltens, sowie nach den priorisierten Sportarten und den Ausübungsorten abzielten. Am Ende des ersten Frageblocks wurde danach gefragt, ob die Teilnehmer bereits Erfahrungen mit Activity-Trackern gemacht haben. Abhängig von den abgegebenen Antworten wurden Teilnehmer zu den Frageblöcken B, C oder D weitergeleitet.
- Frageblock B und C: In diesen beiden Frageblöcken ging es speziell um die Activity-Tracker der Teilnehmer, die dazugehörige App oder Webanwendung zur Visualisierung und Anzeige der Leistungsübersicht, und wie die Teilnehmer ihren Activity-Tracker bezüglich der Funktionen, Messgenauigkeit und Visualisierung bewerten. Zusätzlich konnten die Teilnehmerangaben dazu machen, ob ihnen schonmal ein Fehler bei der Messung aufgefallen ist. Die beiden Frageblöcke unterscheiden sich lediglich in den Formulierungen und in einer Frage: Den Frageblock B haben diejenigen erhalten, die aktuell einen Activity-Tracker verwenden, während der Frageblock C Teilnehmern gezeigt wurde, die früher einen Activity-Tracker verwendet haben, aber heute keinen mehr verwenden. Im Frageblock C war daher zusätzlich die Frage nach

¹<https://surveys.hci.simtech.uni-stuttgart.de>

3. Umfrage

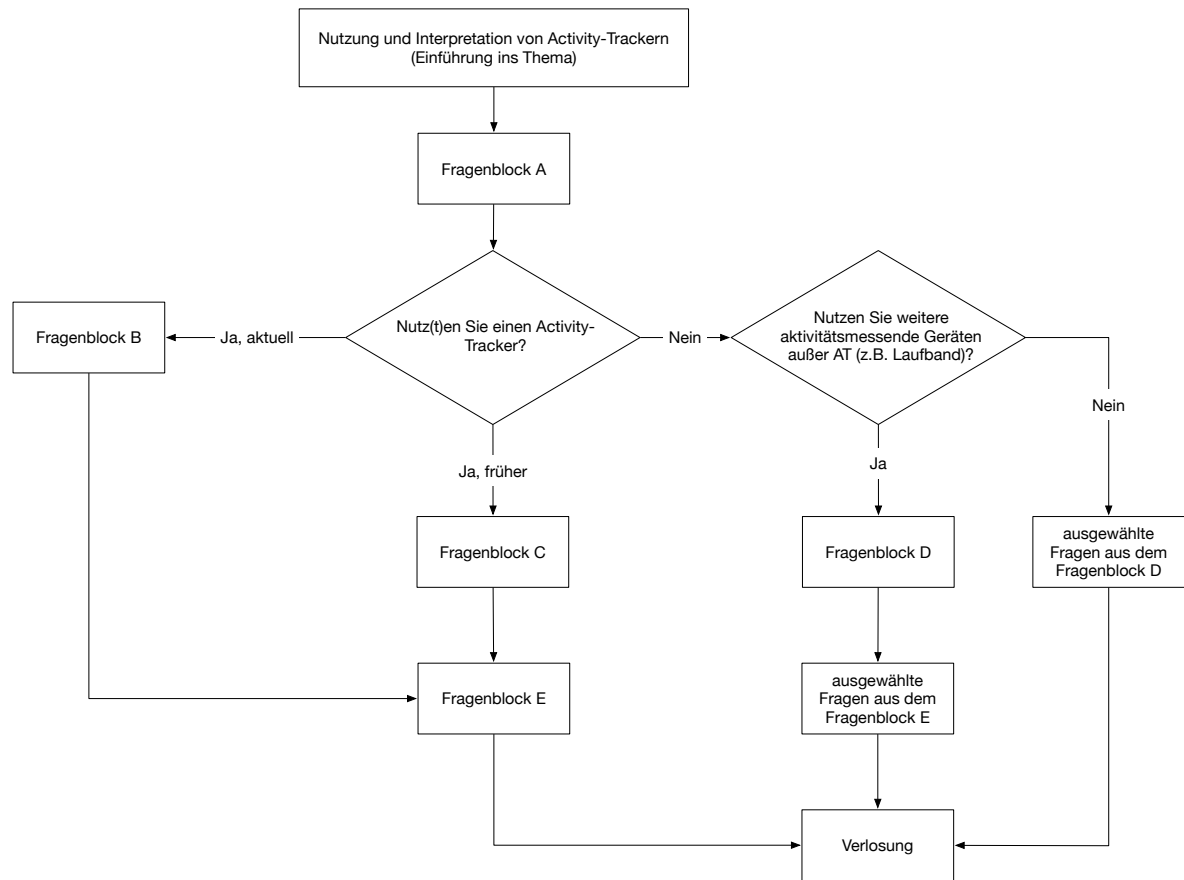


Abbildung 3.1.: Hier wird eine vereinfachte Struktur und der Ablauf der Umfrage gezeigt.

dem Grund enthalten, weshalb die Teilnehmer die Nutzung von Aktivitätsmessern aufgegeben haben.

- Frageblock D: Viele Leute verwenden zu Hause oder im Fitnessstudio für ihren täglichen Sport ein Laufband oder ähnliche Geräte, die Aktivitätsdaten, wie etwa die verbrauchten Kalorien und die zurückgelegte Distanz, messen können. Um diese Personengruppe nicht von der Umfrage auszuschließen, wurde für sie der Frageblock D erstellt. In diesem Block wurde gefragt, weshalb die Teilnehmer keinen Activity-Tracker verwenden und ob sie sich in naher Zukunft einen Activity-Tracker kaufen möchten.
- Frageblock E: In diesem Frageblock wurde nun detailliert nach der Einschätzung der Messungengenauigkeit in Activity-Trackern gefragt. Dazu wurden beispielhafte Daten einer Aktivitätsmessung angezeigt, deren Messungengenauigkeit die Teilnehmer einschätzen mussten. Zudem wurde nach der eigenen Meinung über Messungengenauigkeiten in Aktivitätsdaten gefragt und ob die Teilnehmer während einer Aktivitätsmessung diese Ungenauigkeiten angezeigt haben möchten. Als letztes konnten die Teilnehmer eine Beschreibung einer alternativen Visualisierung abgeben, die diese Ungenauigkeit in den Aktivitätsdaten berechnet und in die dargestellte Anzeige einfügt.

Je nach den angegebenen Antworten konnten die Umfrageteilnehmern gruppiert werden und haben die entsprechenden Frageblöcke angezeigt bekommen. Dabei wurden die Teilnehmer in vier Gruppen unterteilt:

1. Aktuelle Nutzer von Activity-Trackern, die Ihre Geräte aktuell regelmäßig aktiv verwenden (Typ 1 Teilnehmer)
2. Frühere Nutzer von Activity-Trackern, die kein Gerät mehr aktiv nutzen (Typ 2 Teilnehmer), jedoch früher benutzt haben
3. Nutzer von anderweitigen aktivitätsmessenden Geräten (außer Activity-Trackern) (Typ 3 Teilnehmer)
4. Personen ohne Erfahrungen mit Activity-Trackern (Typ 4 Teilnehmer)

Die relevantesten Gruppen für die Auswertung der Umfrage waren aktuelle und frühere Nutzer von Activity-Trackern, da diese Teilnehmergruppen bereits Erfahrungen mit Activity-Trackern und eventuellen Messungenauigkeiten sammeln konnten und diese Erfahrungen in dieser Umfrage geteilt haben. Die dritte Teilnehmergruppe konnte ebenfalls in einigen Punkten zentrale Informationen liefern, da sie gleichermaßen durch aktivitätsmessende Geräte einige Erfahrungen sammeln konnten, auch wenn sie ihre Aktivitäten nicht den ganzen Tag über gemessen haben. Dementsprechend wurde dieser Teilnehmergruppe nicht alle Fragen angezeigt (siehe Abbildung 3.1). Teilnehmer der vierten Gruppe konnten nur deshalb an der Umfrage teilnehmen, da der Teilnehmerkreis nicht eingeschränkt werden sollte. Die Ergebnisse dieser Gruppe haben allerdings für die Auswertung der Umfrage kaum eine Relevanz und wurden daher bei der Analyse der Daten nur wenig einbezogen.

Letztendlich war das Ziel dieser Umfrage herauszufinden, in wieweit Nutzern von Activity-Trackern die Ungenauigkeiten ihrer Geräte bewusst ist, und wie hoch sie diese einschätzen. Außerdem galt es herauszufinden, wie sie die angezeigten Werte interpretieren und ob sie Informationen zu den Ungenauigkeiten haben möchten. Die Umfrage wurde zusätzlich dazu verwendet, um Ideen für eine alternative Visualisierung zu sammeln. Dazu konnten die Teilnehmer ihre Ideen in einem Freitextfeld beschreiben.

Die Umfrage lief vom 03.07 bis einschließlich zum 28.07.2015 und bekam die Teilnehmer durch Werbung im Familien- und Freundeskreis, über Mailinglisten der Universität Stuttgart und Sport-/Fitnessforen im Internet, hauptsächlich jedoch über Activity-Tracker-Gruppen in sozialen Netzwerken. Um die Motivation der Teilnahme an der Umfrage zu verstärken, hatten die Umfrageteilnehmer am Ende der Umfrage die Möglichkeit an einer Verlosung für einen von drei Amazon-Gutscheinen im Wert von je 20€ teilzunehmen. Die Gutscheine wurden zwei Wochen nach dem Ende der Umfrage unter den Teilnehmern verlost, die ihre E-Mail-Adresse für die Verlosung eingetragen haben.

3.2. Auswertung

Die Umfrage lief etwa dreieinhalb Wochen lang und hatte insgesamt 512 Teilnehmer. Leider haben nicht alle Teilnehmer die Umfrage bis zum Ende ausgefüllt, wodurch die Antworten dieser Teilnehmer herausgefiltert werden mussten. 363 Teilnehmer schickten vollständige Antworten ab, darunter waren 200 Teilnehmer vom Typ 1 oder Typ 2, weitere 46 Teilnehmer vom Typ 3. Die Umfrage umfasste demnach insgesamt Antworten von 246 Teilnehmer, die für die Auswertung der Umfrage relevant waren. Für die Auswertung wurden die Antworten vom Typ 1 und Typ 2 Teilnehmer zusammengefasst und gemeinsam in einem Dokument gespeichert. In einer Kopie dieses Dokuments wurden zusätzlich die Antworten der Fragen der Typ 3 Teilnehmer ergänzt, die sich mit den Fragen der Typ 1 und Typ 2 Teilnehmer deckten. Alle folgenden Auswertungen wurden auf Basis dieser Datensätze ausgeführt. Die Antworten der Typ 4 Teilnehmer wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Von den Daten dieser Teilnehmer wurden lediglich die gesammelten Ideen für alternative Visualisierungen verwendet.

Die Anzahl der Teilnehmer mit relevanten Antworten beläuft sich auf 246. Darunter waren 118 männliche (48%) und 124 weibliche (50,4%) Teilnehmer. Weitere vier Teilnehmer wollten keine Angaben zu Ihrem Geschlecht machen. Die Teilnehmer waren im Mittel $30,55 \pm 9,54$ Jahre alt (Wertebereich: 15 - 55 Jahre, Median: 29 Jahre). Die Teilnehmer hatten im Durchschnitt mindestens das Abitur und waren in erster Linie Angestellte oder Studenten. Bezüglich der Fragen, wie sportlich sich die Teilnehmer einschätzen und wie häufig sie Sport treiben, ergab die Auswertung bei diesen Fragen einen Durchschnitt von „ich bin eher sportlich“ und „ich treibe eher häufig Sport“.

Die Umfrage enthielt auch Fragen nach dem Zweck, Ort und Zeitpunkt der Fitness-Tracker. Bei der Frage, wie häufig die Teilnehmer Ihre Activity-Tracker verwenden, ergab der Durchschnitt, dass die Teilnehmer Ihre Activity-Tracker zu jeder Zeit bei sich tragen und ihre gesamten täglichen Aktivitäten tracken. Als Zweck der Nutzung von Fitness-Trackern gaben zweidrittel (67,0%) der Teilnehmer an, dass sie Ziele haben, und diese mithilfe ihrer Fitness-Tracker verfolgen möchten. 73% nutzen ihren Fitness-Tracker zur Motivation für den Sport. Zusätzlich gaben 74,5% der Befragten an, dass sie ihre Aktivitäten gerne im Blick behalten. Etwa die Hälfte (52,0%) nutzen Fitness-Tracker, um ihre Gesundheit zu fördern. Nur 27% der Befragten nutzen herstellereigene Communities oder ähnliches, um sich mit anderen Fitness-Tracker Nutzern oder dem Freundeskreis zu messen.

Des Weiteren gaben 183 der 200 Fitness-Tracker Nutzer (91,5%) an, dass sie mit ihrem Gerät zufrieden oder sehr zufrieden sind. Bei der Frage, wie sehr die Nutzer den angezeigten Werten bzw. der Genauigkeit der Messung ihres Fitness-Trackern vertrauen, ergab sich, dass 80,5% (161 Nutzer) daran glauben, dass ihr Fitness-Tracker über eine hohe Messgenauigkeit verfügt, obwohl fast der gleichen Anzahl (165 Nutzer) bewusst ist, dass Fitness-Tracker nicht immer genau messen. Vermutet wird an dieser Stelle, dass den Nutzern zwar bewusst ist, dass Fitness-Tracker ungenau sein können, sie aber nicht wissen wie hoch diese Ungenauigkeit ist. Infolgedessen schätzen sie die Messungenauigkeit niedriger ein, als sie in Wirklichkeit sind, wie auch in einem späteren Absatz gezeigt wird.

Mithilfe der Frage, welchen Fitness-Tracker die Teilnehmer verwenden, wurde herausgefunden, dass 82,8% von ihnen einen Tracker benutzen, der die erbrachten Leistungen direkt auf dem Gerät, beispielsweise mittels Display, anzeigt. Die Frage, welche weitere Leistungsübersicht (App oder

Webanwendung) die Teilnehmer verwenden, ergab, dass 65,5% sowohl die App, als auch die Webanwendung nutzen. 28,5% verwenden nur die App und lediglich 1,5% nur die Webanwendung. Die übrigen 4,5% benutzen keine zusätzliche Leistungsübersicht und sind mit der Anzeige ihrer Daten auf ihrem Fitness-Tracker zufrieden. Unter den Teilnehmern, die eine App und/oder Webanwendung verwenden, gaben 80,1% an, dass sie die Leistungsübersicht oft oder sehr oft verwenden. Aufgrund der hohen Nutzungsintensität der Fitness-Tracker ist davon auszugehen, dass die Teilnehmer mit ihren Activity-Trackern und den Visualisierungen sehr gut vertraut sind und bereits ein Gefühl dafür entwickeln konnten, wie hoch sie die Ungenauigkeit von Fitness-Trackern einschätzen. Daher wurde es zu einem weiteren Ziel dieser Umfrage gemacht, herauszufinden, wie hoch die Nutzer die Ungenauigkeit in Fitness-Trackern (und Laufbändern) einschätzen. Dazu wurden in der Fragestellungen konkrete Beispiele einer Messung genannt und der Teilnehmer konnte die Ungenauigkeit abschätzen. In den folgenden Tabellen sind diese Fragen und die Mittelwerte der Antworten angezeigt.

Wenn ein Activity-Tracker an einem Tag ... misst, wie hoch schätzen sie die Abweichung dieses Wertes vom tatsächlichen Wert ein?

... 9000 Schritte	200 - 500 Schritte
... 5000 Schritte	100 - 200 Schritte
... 2000 Schritte	50 - 100 Schritte

Wenn ein Activity-Tracker an einem Tag einen Kalorienverbrauch von ... misst, wie hoch schätzen sie die Abweichung dieses Wertes vom tatsächlichen Wert ein?

... 3000 kcal	200 - 500 kcal
... 2000 kcal	100 - 200 kcal
... 1000 kcal	50 - 100 kcal

Wenn ein Activity-Tracker an einem Tag eine zurückgelegte Distanz von ... misst, wie hoch schätzen sie die Abweichung dieses Wertes vom tatsächlichen Wert ein?

... 19 km	1000 - 2000 m
... 13 km	500 - 1000 m
... 7 km	100 - 500 m

Betrachtet man die angegebenen Abweichungen prozentual, so ergeben sich im Mittel, dass die Einschätzung dieser Abweichungen bei den gelaufenen Schritten 2,2 - 4,9% entsprechen. Vergleichen wir diese Werte nun mit den in Unterabschnitt 2.5.1 beschriebenen Abweichungen, so ist eindeutig zu sehen, dass Fitness-Tracker Nutzer die Abweichung wesentlich geringer einschätzen, als sie in Wirklichkeit ist. Dieses Ergebnis bestätigt die These, dass Activity-Tracker Nutzern zwar die Ungenauigkeit bewusst ist, diese jedoch so gering eingeschätzt wird. Demzufolge sind Activity-Tracker Nutzer mit der Messgenauigkeit ihrer Tracker zufrieden. Die Einschätzung der Abweichung der verbrauchten Kalorien und zurückgelegten Distanz sind im Mittel mit 5,6 - 12,2% und 3,5 - 8,5% zwar höher als die der gelaufenen Schritte, jedoch weiterhin geringer als die in Unterabschnitt 2.5.1 beschriebenen Abweichungen. Demnach gaben auch nur 22,4% Umfrageteilnehmer an, dass die Messungenauigkeit ihrer Meinung nach so hoch ist, dass die Schritt- und Kalorienmessungen zu ungenau sein könnten. Die restlichen 77,6% gehen von einer Messungenauigkeit aus, die vernachlässigbar ist.

3. Umfrage

Etwa 91% der Fitness-Tracker Nutzer sind mit den Visualisierungen und Leistungsübersichten ihrer Fitness-Tracker zufrieden. Allerdings gilt auch zu beachten, dass die Ungenauigkeit der Tracker viel niedriger eingeschätzt werden, als sie in Wirklichkeit sind. Wenn Fitness-Tracker Nutzer also besser über die Ungenauigkeiten ihrer Geräte informiert wären, könnte die Zahl zufriedener Nutzer geringer sein. Demnach haben 74% der Teilnehmer angegeben, dass sie sich wünschen würden von den Herstellern mehr Informationen zu den Ungenauigkeiten von Fitness-Trackern zu erhalten. Ganze 64,2% würden sich sogar eine alternative Visualisierung wünschen, in der die Ungenauigkeiten der Aktivitätsdaten angegeben oder graphisch angezeigt werden. Wie diese alternative Visualisierungen aussehen könnten, wurde in einem Freitextfeld erfragt und in Kapitel 4 ausgewertet und konzipiert.

4. Konzept

Um dem Ziel dieser Bachelorarbeit gerecht zu werden, mussten nun Visualisierungen entworfen werden, die gemessene Aktivitätsdaten mit Varianzen anzeigen. Dafür galt es zunächst, alternative Visualisierungskonzepte zu entwickeln. Dazu wurden die Teilnehmer der Umfrage aus dem vorigen Kapitel nach Beschreibungen möglicher alternativer Visualisierungen gefragt, die sie sich vorstellen können und verwenden würden. Um die Teilnehmer bei dieser Frage zu unterstützen, wurden exemplarisch Screenshots aus häufig verwendeten Activity-Tracker-Apps zur Frage hinzugefügt. Die Antworten dieser Frage wurden nach Relevanz gefiltert, inhaltlich gruppiert und nach der Realisierbarkeit sortiert. Die besten Ergebnisse wurden untereinander und mit weiteren eigenen Ideen kombiniert, sodass sich die folgenden Darstellungen ergeben haben:

4.1. Textuelle Darstellung

Eine textuelle Darstellung ist bei aktuellen Schrittzählern die gängigste und am häufigsten verwendete Darstellung. Bei der Frage nach einer alternativen Visualisierung gaben viele Teilnehmer an, dass sie sich von der textuellen Darstellung von Schritten nicht verabschieden möchten. Daher sollte die zu entwickelnde App nicht nur aus Diagrammen und Graphen bestehen, sondern in der Hauptansicht mit einer textuellen Angabe der gemessenen Daten beginnen. Um auch die Varianz der Daten zu erfassen, sollte anstelle einer exakten Angabe der gemessenen Daten eine Spannweite der Daten angezeigt werden. Sobald also die Ungenauigkeit, d.h. die Differenz der oberen und unteren Grenze der gemessenen Daten, einen Schwellenwert überschreitet, wird die Anzeige der exakten Zahl durch die eine Spannweite ersetzt. Dieser Schwellenwert ist abhängig von der Art der Daten, die gemessen werden und wurden wie folgt gewählt: 50 Schritte, 20 verbrannte Kalorien und 0,5km zurückgelegte Distanz. Die obere und untere Grenze der Schritte wird anhand der in Unterabschnitt 2.5.1 beschriebenen Messungenauigkeiten eines Activity-Trackers berechnet:

$$Schritte_{min} = Schritte_{gemessen} \cdot 0,88$$

$$Schritte_{max} = Schritte_{gemessen} \cdot 1,03$$

Anhand der minimalen und maximalen Schrittzahl werden anschließend die minimalen und maximalen verbrauchten Kalorien und zurückgelegten Distanzen berechnet. Wenn die berechneten Werte die jeweiligen Schwellenwerte überschreiten, werden sie als Spannweite angezeigt. Andernfalls werden zusätzlich anhand der gemessenen Schritte die verbrannten Kalorien und die zurückgelegte Distanz berechnet und angezeigt. In Abbildung 4.1 sind einige Beispiele für die textuelle Darstellung zu sehen.

4. Konzept



Abbildung 4.1.: Dies sind mögliche Konzepte der Darstellungen von Ungewissheit der Aktivitätsdaten mittels Spannweite der gemessenen Daten und füllendem Balken.

4.2. Fortschrittsbalken

Eine weitere Möglichkeit, die Aktivitätsdaten zu verfolgen, sind Balken, die sich mit zunehmender körperlicher Aktivität, abhängig von den Nutzerzielen, füllen. Mit jedem Schritt, jeder verbrauchten Kalorie und jedem zurückgelegten Meter füllen sich die jeweiligen Fortschrittsbalken bis sie vollständig gefüllt sind. Sie sind dann vollständig gefüllt, wenn ein wählbares Ziel erreicht ist. Diese Option haben sich die Teilnehmer der Umfrage laut ihrer Beschreibung von der Fitbit-App abgeschaut. Sie finden, es sei eine gute Möglichkeit, einen Überblick darüber zu erhalten, wie weit sie von der Vollendung der Ziele entfernt sind. Abbildung 4.1 zeigt Beispiele für die beschriebenen Fortschrittsbalken an.

4.3. Farbpalette

Viele Umfrageteilnehmer waren der Meinung, dass auch Farben bei der Visualisierung eine Rolle spielen sollten. So ist es beispielsweise möglich, durch ein Farbsystem dem Nutzer zu zeigen, wie weit er von seinem Ziel entfernt ist. Dafür wurde die Farbpalette aus Abbildung 4.2 gewählt. Sie enthält zehn Farben und beginnt bei Rottönen, geht über Gelbtöne bis es in Grüntönen endet. Dieser visuelle Aspekt wurde bei den Diagrammen verwendet, die in den folgenden Kapiteln noch vorgestellt werden. Die Farben sollen die visuelle Aussagekraft der Aktivitätsdaten verstärken. Rote Farben signalisieren dem Nutzer somit, dass die verrichteten Aktivitäten noch ungenügend sind, sodass er zu einer höheren Aktivitätsbereitschaft motiviert wird. Gelbtöne deuten darauf hin, dass etwa die Hälfte des Ziels erreicht ist. Hellgrüne Farben sollen dem Nutzer zeigen, dass es nicht mehr weit bis zum Ziel ist. Die letzte dunkelgrüne Farbe signalisiert dem Nutzer, dass er sein Ziel erreicht hat.



Abbildung 4.2.: Die Farben der Farbpalette angeordnet in aufsteigender Reihenfolge von links nach rechts.

4.4. Gestapeltes Säulendiagramm

Diese Visualisierung stellt ein Säulendiagramm mit zwei aufeinander gestapelten Säulen dar. Die untere Säule ist die Primärsäule und zeigt die minimale Anzahl der Aktivitätsdaten an. An ihr grenzt die obere Säule, die Sekundärsäule. Sie zeigt den Abstand zwischen der minimalen und maximalen Anzahl der Aktivitätsdaten an. Die exakte Anzahl der gemessenen Daten liegt also im Bereich der Sekundärsäule, ist aber für den Nutzer nicht zu erkennen. Des Weiteren geht vom oberen und unteren Ende der Sekundärsäule jeweils eine dünne Linie in Richtung Hochachse und schneidet diese. Das erleichtert dem Nutzer ein Minimum und Maximum der Aktivitätsdaten zu erkennen. Abbildung 4.3 stellt Aktivitätsdaten einer Beispielmessung in gestapelten Säulendiagrammen dar.

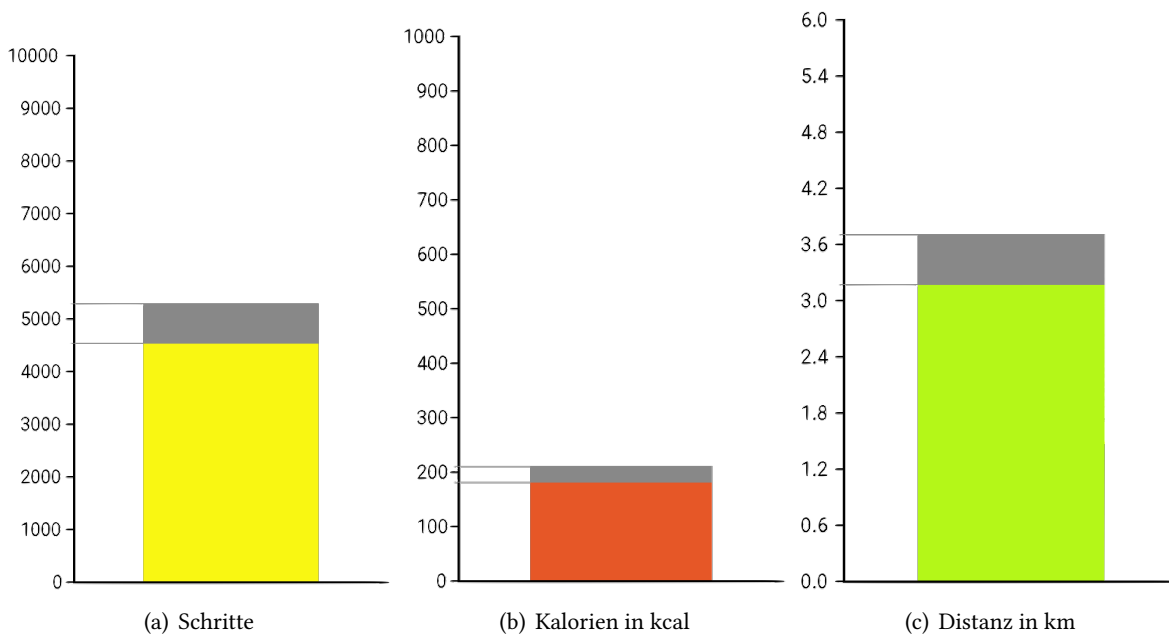


Abbildung 4.3.: Dies sind mögliche Konzepte der Darstellungen von Ungewissheit der Aktivitätsdaten mittels gestapeltem Säulendiagramm.

Die Ungewissheit bei diesem Diagramm ist dadurch realisiert, dass kein exakter Wert der Aktivitätsdaten angezeigt wird. Es wird lediglich mithilfe der beiden Linien der Sekundärsäule auf zwei Stellen der Hochachse verwiesen, die einen Bereich anzeigen, in dem die exakte Anzahl liegt. Doch auch die beiden Stellen an der Hochachse zeigen auf keinen genauen Wert, da nur zehn Stellen an der Hochachse beschriftet sind und es bei hohen Werten nicht möglich ist zu erkennen, an welche Stelle die beiden Linien zeigen. Zusätzlich wurde bei dieser Visualisierung die Farbpalette aus Abschnitt 4.3 verwendet. Um also ein Gefühl über die verrichteten Aktivitäten zu erhalten, kann der Nutzer die Farbe der Primärsäule betrachten.

4.5. Säulendiagramm mit Fehlerbalken

Eine weitere bereits sehr bekannte Möglichkeit Fehler in Daten anzuzeigen, sind Säulendiagramme mit Fehlerbalken. Dabei zeigt die Säule des Diagramms den exakten Wert der Daten an und die Fehlerbalken jeweils eine obere untere Grenze. Dieser Ansatz wurde dazu verwendet, die Ungewissheit der Aktivitätsdaten zu visualisieren. Es ist demnach eine Säule dargestellt, die anhand der exakten Anzahl der gemessenen Aktivitäten gezeichnet wird. Die Varianz der Daten wird hier mittels Fehlerbalken dargestellt. Die untere Grenze der Fehlerbalken zeigen folglich die minimale und die obere Grenze die maximale Anzahl der gemessenen Daten an. Dieses Säulendiagramm bietet allerdings gegenüber der Visualisierung der gestapelten Säulen zusätzlich die Möglichkeit, die exakten Werte darzustellen, da das Ende der Säule den exakten Wert anzeigt. Darüber hinaus wird auch hier die Farbpalette aus der Beschreibung von Abschnitt 4.3 verwendet, bei der die Säulen gefärbt werden. In Abbildung 4.4 werden beispielhaft die Aktivitätsdaten in Säulendiagrammen mit Fehlerbalken dargestellt.

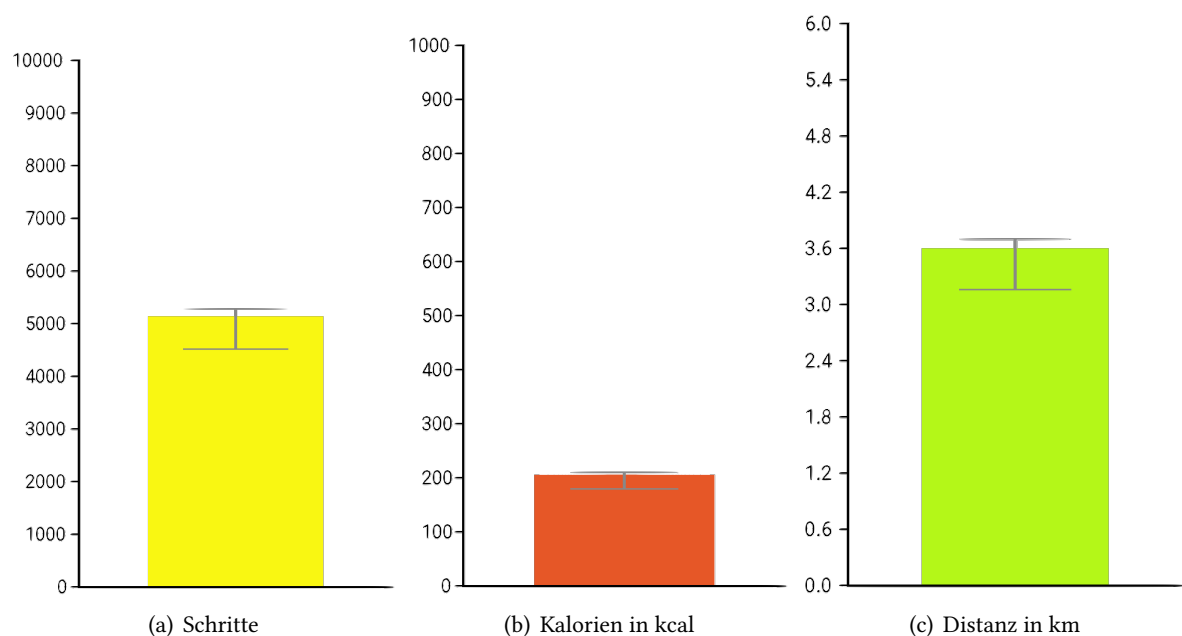


Abbildung 4.4.: Dies sind mögliche Konzepte der Darstellungen von Ungewissheit der Aktivitätsdaten mittels Säulendiagramm mit Fehlerbalken.

4.6. Tachodiagramm mit zwei Tachonadeln

Ein Tachodiagramm zeigt auf einem meist unvollständigen Kreis einen bestimmten Wert an und wird von Autofahrern sehr häufig bei der Überwachung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs verwendet. Allerdings hat dieses Tachodiagramm nur eine Tachonadel, da es auch nur auf einen exakten Wert zeigt. Die Darstellung eines Tachodiagramms mit zwei Tachonadeln ist die dritte Visualisierung von Ungewissheit in den Aktivitätsdaten.

Das Tachodiagramm ist als Halbkreis geformt und in zehn gleich große Bereiche unterteilt. Jedem Bereich wurde eine Farbe aus der Farbpalette aus Abschnitt 4.3 in aufsteigender Reihenfolge zugewiesen. Das Tachodiagramm hat links unten seinen Nullpunkt und verläuft nach oben im Halbkreis bis es rechts unten seine Grenze erreicht hat. Die beiden Tachonadeln zeigen die minimale und maximale Anzahl der Aktivitätsdaten an. Die Varianz der Daten wird wie beim gestapelten Säulendiagramm aus Abschnitt 4.4 dadurch dargestellt, dass kein exakter Wert abgelesen werden kann, sondern lediglich einen Wertebereich angezeigt wird. Außerdem kann der Nutzer anhand der Farben der einzelnen Bereiche erkennen, wie aktiv er im jeweiligen Messzeitraum war. Abbildung 4.5 zeigt Aktivitätsdaten aus verschiedenen Messungen in Tachodiagrammen mit zwei Tachonadeln.

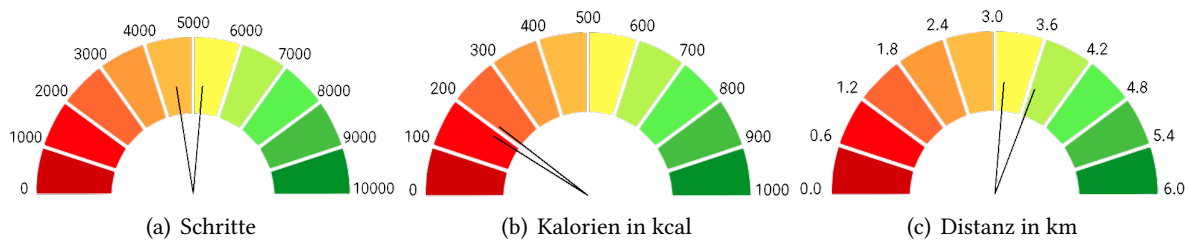


Abbildung 4.5.: Dies sind mögliche Konzepte der Darstellungen von Ungewissheit der Aktivitätsdaten mittels Tachodiagrammen.

5. Pedometer

Im vorigen Kapitel wurden die entwickelten Konzepte einer Visualisierung mit angezeigter Ungewissheit gezeigt und beschrieben. Diese Konzepte wurden in der Android-App *Pedometer* implementiert. Im ersten Abschnitt (5.1) wird eine kurze Übersicht über die Funktionen der App gegeben. Im Abschnitt 5.2 wird im Detail auf die Pedometer-App eingegangen.

5.1. Spezifikation

Die Pedometer-App ist eine Android-basierte mobile Anwendung, die die Visualisierungskonzepte aus dem Kapitel 4 realisiert. Um die Pedometer-App voll umfänglich benutzen zu können, ist ein Android-Smartphone mit integriertem Beschleunigungssensor notwendig. Die App hat die Hauptfunktion, mithilfe dieses Beschleunigungssensors die Schritte, die ein Nutzer macht, während er sein Smartphone mit der installierten App verwendet, zu zählen. Um die Schritte zu messen, verwendet die App den internen Beschleunigungssensor des Smartphones, weshalb Nutzer von Smartphones ohne diesen Sensor die Pedometer-App nicht verwenden können. Damit ein Bewegung und die daraus resultierende Beschleunigung als Schritt gewertet wird, muss die Beschleunigung einen Schwellenwert überschreiten. Sobald dieser Wert überschritten wird, aktualisieren sich die textuellen Anzeigen. Anhand der zurückgelegten Schritte können anschließend die verbrauchten Kalorien und die zurückgelegte Distanz berechnet werden. Für die Berechnung dieser Werte ist allerdings die Angabe einiger persönlicher Daten, wie dem Geschlecht, dem Alter, der Körpergröße, dem Gewicht und der Schrittlänge erforderlich. Diese Daten sind anfangs mit Standardwerten belegt, können aber dann vom Nutzer im Reiter *Preferences* in den Optionen der Pedometer-App selber gewählt werden. Des Weiteren kann ein Nutzer seine Ziele hinsichtlich der gelaufenen Schritte, der verbrauchten Kalorien und der zurückgelegten Distanz individuell einstellen.

Anhand der gemessenen und berechneten Aktivitätsdaten werden die drei Visualisierungen aus dem Kapitel 4 erstellt werden. Diese Visualisierungen sind in Tabs angeordnet und werden beim Klick auf den jeweiligen Aktivitätswert angezeigt. Da die Pedometer-App als Prototyp für eine Benutzerstudie (siehe Kapitel 6) entwickelt worden ist, wurde in den *Preferences* zusätzlich die Option eingebaut, eine der drei Visualisierungen auszuwählen und auf der Startseite anzuzeigen. Dadurch sollte vermieden werden, dass sich die Studienteilnehmer erst durch die Pedometer-App klicken müssen, um die Visualisierungen zu sehen.

Die gemessenen Daten, sowie die in den *Preferences* hinterlegten persönlichen Angaben, werden in den sogenannten *Shared Preferences* der Pedometer-App gespeichert und gehen auch nach einem Neustart der App oder des Smartphones nicht verloren. Über den *Reset*-Reiter können die gemessenen und berechneten Daten wieder auf Null zurückgesetzt werden.

Alle Anzeigen werden mit jedem Schritt in Echtzeit aktualisiert. Sobald die Aktivitätsdaten die in Abschnitt 4.1 angegebenen Schwellenwerte überschreiten, ändert sich die Anzeige von der exakten Angabe der Aktivitätsdaten zu einer Spannweite. Die erforderlichen Daten für die Visualisierungen werden mit jedem Schritt neu berechnet, sodass auch hier eine Aktualisierung in Echtzeit stattfindet. Anfangs haben die Visualisierungen als Grenze der Hochachse das in den *Preferences* eingegebene Ziel. Sobald dieser Wert überschritten wird, passt er sich prozentual an den Wert an, der angezeigt werden soll. Wird der Zähler über den *Reset*-Reiter zurückgesetzt, wird auch die Grenze wieder an den Anfangswert gesetzt. In Abbildung 5.1 ist der Ablauf des Schrittzählers und der Berechnung der Kalorien dargestellt.

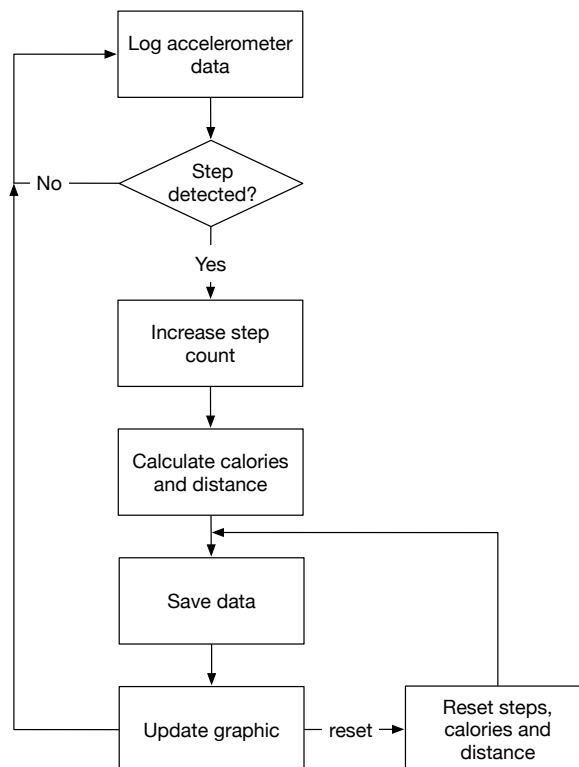


Abbildung 5.1.: Die Abbildung zeigt den Ablauf der Datenerkennung und -berechnung in der Pedometer-App.¹

5.2. Benutzeroberfläche

Die Startseite der App besteht aus der textuellen Ansicht der gelaufenen Schritte, verbrauchten Kalorien und der zurückgelegten Distanz. Zu jeder Aktivitätsdatenansicht gehört ein Fortschrittsbalken, die den aktuellen Stand der einzelnen Aktivitätsdaten anzeigen. Abbildung 5.2(a) zeigt die

¹Selber erstelltes Diagramm in Anlehnung an [KK10] und [YPF13]

Ansicht, die sich beim ersten Start der App öffnet. Die textuellen Werte aktualisieren sich mit jedem Schritt und zeigen zu jedem Zeitpunkt den aktuellen Stand der gemessenen Daten an. Abhängig von den Aktivitätsdaten und den Zielen füllen sich die Fortschrittsbalken jedes Aktivitätswerts. Ein Fortschrittsbalken ist vollständig gefüllt, wenn das jeweilige Ziel erreicht oder überschritten wurde. Die Abbildung 5.2(b) zeigt die Startansicht der App mit einigen gemessenen Daten.

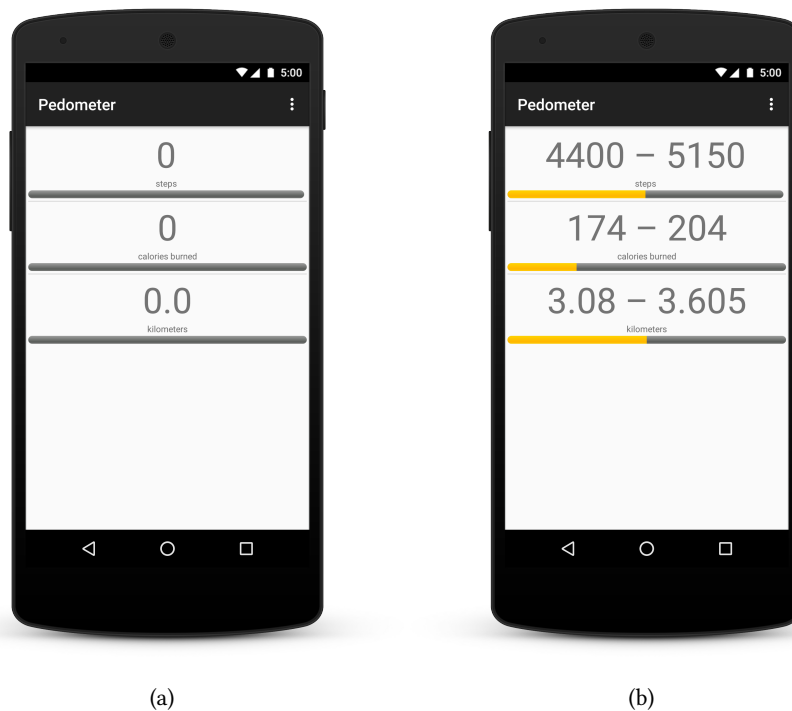


Abbildung 5.2.: Hier wird die Startansicht angezeigt: (a) ohne gemessenen Daten (erster Start) und (b) mit einigen gemessenen Daten.²

Durch jedes der einzelnen Aktivitätsdatenfelder kann man durch einen Klick auf das Feld zu den Visualisierungen für das angewählte Aktivitätsdatenfeld gelangen. Sie sind in Tabs angeordnet, sodass es mit einem Klick möglich ist, unter den Visualisierungen zu wechseln. Die Visualisierungen in Abbildung 5.3 werden exemplarisch am Beispiel der zurückgelegten Schritte gezeigt, da sich die Ansichten der Kalorien und der Distanz lediglich in der Überschrift und in der Hochachsenbeschriftung unterscheiden.

²Quelle für alle Nexus 5 Bildvorlagen: <https://www.elegantthemes.com/blog/freebie-of-the-week/free-open-source-nexus-5-psd-templates>

5. Pedometer

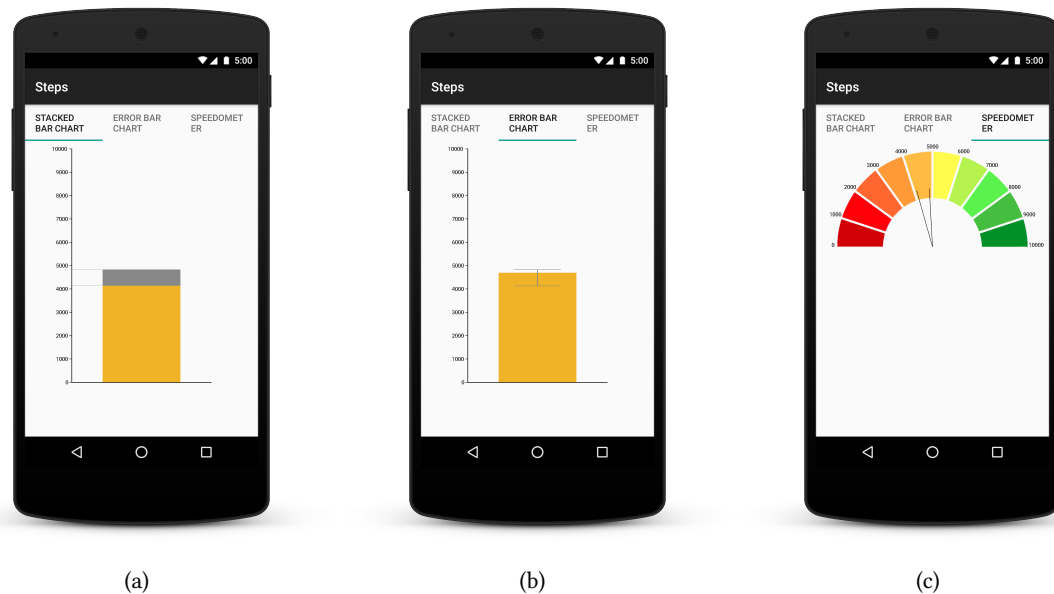


Abbildung 5.3.: Hier werden die ungewissen Visualisierungen der gelaufenen Schritte im (a) Stacked Bar Chart, (b) Error Bar Chart und (c) Speedometer dargestellt.

Die Graphen werden mit jedem Schritt in Echtzeit aktualisiert. Die Farbe der Säulen beim *Stacked Bar Chart* und *Error Bar Chart* sind abhängig vom Aktivitätsstand und den Zielen. Dabei wird das Farbsystem aus Abschnitt 4.3 verwendet. Diese Farben sind beim *Speedometer* bereits vollständig zu sehen. Über den Zurück-Button des Smartphones gelangt man wieder zur Startansicht.

Über den *Options*-Button in der Startansicht öffnet sich ein Dropdown-Menü, mit den Elementen *Preferences*, *Reset* und *About*. Über den Reiter *Preferences* gelangt der Nutzer zu den Einstellungen der App und kann seine körperlichen Daten sowie seine Ziele setzen. Dabei werden die Einstellungen in zwei Bereiche unterteilt: Die *Basic Settings* und die *Aim Settings*. Im Bereich der *Basic Settings* kann eine präferierte Visualisierung, das Geschlecht, Alter, Körpergröße, Gewicht und Schrittlänge eingestellt und ausgewählt werden. Über die *Aim Settings* lassen sich die Ziele hinsichtlich der Schritte, Kalorien und Distanz einstellen. In der Abbildung 5.4 können die Einstellungsmöglichkeiten von der Pedometer-App betrachtet werden.

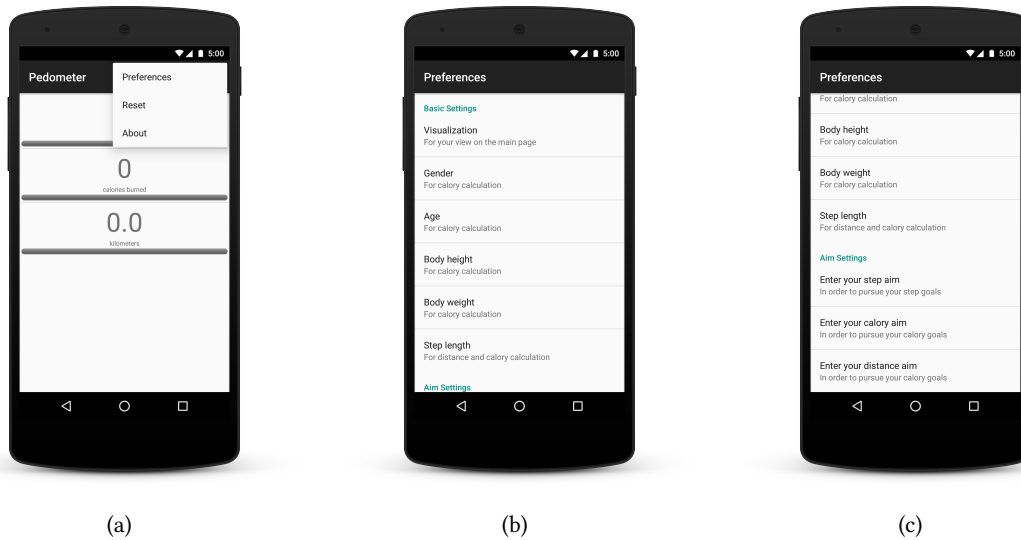


Abbildung 5.4.: Die Abbildungen geben einen Überblick über die Einstellungsmöglichkeiten der Pedometer-App: (a) zeigt das Dropdown-Menü und die wählbaren Reiter, (b) und (c) zeigen die beiden Bereiche in den Einstellungen der App.

Die Einstellungen für die persönlichen Daten sind einfache Radio-Buttons oder Zahleneingabefelder. Je genauer die dortigen Angaben gemacht werden, desto genauer kann die Pedometer-App die verbrannten Kalorien und die zurückgelegte Distanz berechnen.

In den *Aim Settings* kann sich ein Nutzer ein Ziel für eine Schritte, Kalorien und Distanz eingeben. Die in diesen Feldern eingegebenen Werte wirken sich auch auf die Visualisierungen aus. Zum Beispiel ist das Ende eines Fortschrittsbalkens in der Startansicht erreicht, wenn der jeweilige Aktivitätswert das an dieser Stelle gesetzte Ziel erreicht hat. Außerdem werden auch bei den Visualisierungen als obere Grenzen der Hochachsen die hier eingegebenen Werte gewählt. Abbildung 5.5 zeigt die Eingabefelder der Ziele. Auch hier sind die Eingabefelder bereits durch Standardwerte vorausgefüllt, falls ein Nutzer keine eigenen Ziele setzen möchte.

5. Pedometer

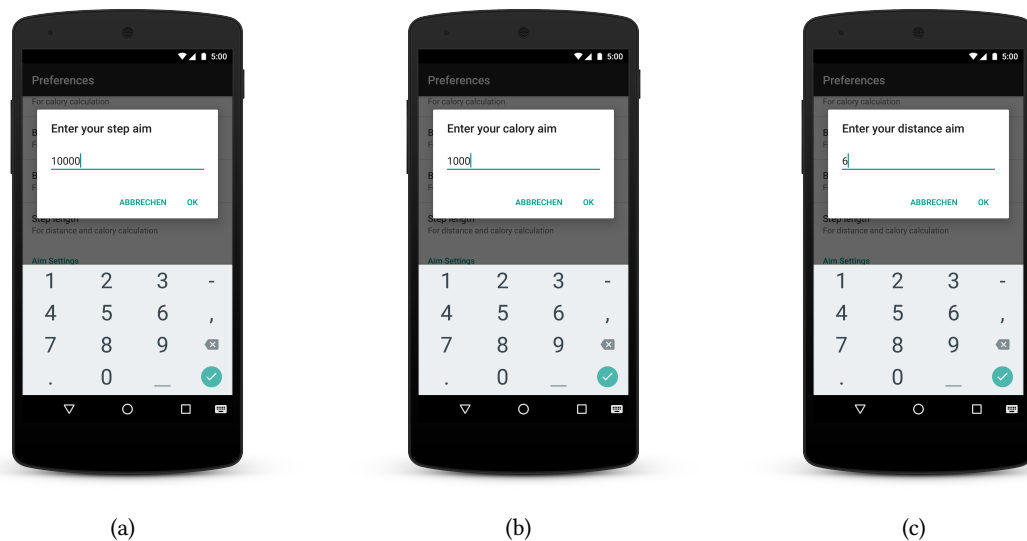


Abbildung 5.5.: Eingabefelder für die Ziele in den Einstellungen der Pedometer-App. Die angezeigten Werte sind die Standardwerte der Eingabefelder.

Die erste Einstellungsmöglichkeit in den *Preferences* ist die Visualisierung am Anfang der *Aim Settings*. In diesem Menü kann eine präferierte Visualisierung ausgewählt werden. Die gewählte Visualisierung wird dann auf der Startansicht von der Pedometer-App für die gelaufenen Schritte angezeigt. Diese Option wurde zu Studienzwecken in der Pedometer-App integriert, um den Studienteilnehmer eine regelmäßige Betrachtung der Visualisierungen zu erleichtern. Mehr dazu im Kapitel 6.

Auch die Visualisierungen auf der Startseite werden mit jedem Schritt aktualisiert und zeigen daher immer den aktuellen Stand der Schritte an. Falls keine Visualisierung auf der Startansicht angezeigt werden soll, kann diese wieder über das gleiche Optionsmenü entfernt werden. Abbildung 5.6 zeigt das Optionsmenü, sowie die drei Visualisierungen auf der Startansicht der Pedometer-App.

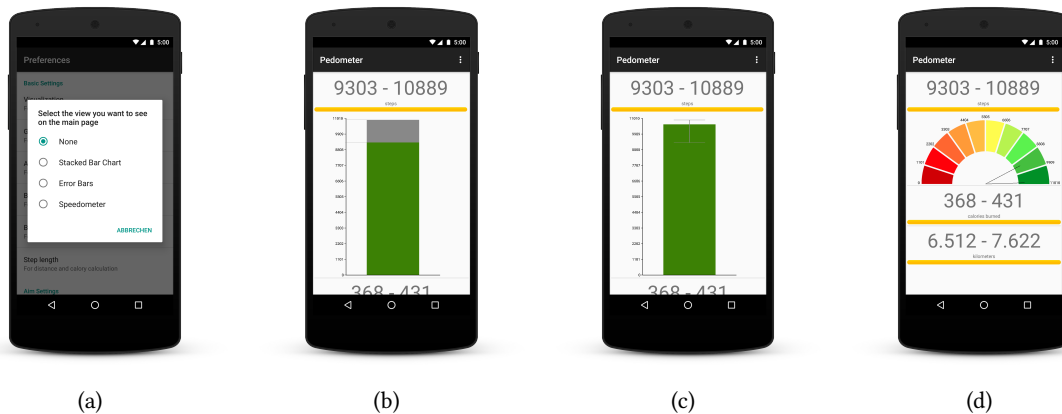


Abbildung 5.6.: In den *Preferences* der Pedometer-App lässt sich eine präferierte Visualisierung wählen: (a) zeigt die Option, in der eine präferierte Visualisierung ausgewählt werden kann. Wenn eine Visualisierung gewählt wurde, wird diese auf der Startansicht angezeigt. (b), (c) und (d) zeigen, wie die einzelnen Visualisierungen auf der Startansicht aussehen.

Sobald die Schritte das in den Einstellungen gewählte Ziel der zu laufenden Schritte überschreitet, passen sich die Achsenbeschriftungen der jeweiligen Visualisierungen an die gelaufenen Schritte an und setzen einem Nutzer somit neue, leicht erhöhte Ziele, um ihn weiterhin zu motivieren. Die Farben der Achsen des *Stacked Bar Charts* und des *Error Bar Charts* bleiben jedoch weiterhin grün, da der Nutzer sein ursprüngliches Ziel erreicht hat. Auch der eingeschlossene Bereich der Tachonadeln beim *Speedometer* bewegt sich aus demselben Grund weiterhin im grünen Bereich.

Damit die Pedometer-App auch über eine längere Zeit mit hohen Werten getestet werden kann, setzen sich die gespeicherten Werte am Ende des Tages nicht zurück. Die App zählt also kontinuierlich weiter, bis der Nutzer die Werte selber zurücksetzt. Dafür tippt der Nutzer wie in Abbildung 5.4(a) im Dropdown-Menü der Optionen von der Pedometer-App auf den Reiter *Reset*. Unter dem Reiter *About* befindet sich das Logo von der Pedometer-App sowie weitere Informationen zum Entwickler.

6. Benutzerstudie

In diesem Kapitel wird die durchgeführte Benutzerstudie genauer beschrieben. Nach einer kurzen Motivation für die Studie, geht es im ersten Abschnitt um den Ablauf von ihr. Anschließend wird die Auswertung der Studie zusammen mit Grafiken erläutert und die Meinungen der Studienteilnehmer zusammengefasst.

Nutzer von Activity-Trackern sind es gewohnt, eine exakte Anzahl der zurückgelegten Schritte angezeigt zu bekommen. Mit dieser Arbeit wurde erstmals die Ungewissheit von Aktivitätsdaten nicht nur prozentual angegeben, sondern auch graphisch dargestellt. Daher ist das Ziel dieser Benutzerstudie herauszufinden, ob sie eine Visualisierung mit Ungewissheiten einer Visualisierung mit exakten aber möglicherweise falschen Werten vorziehen würden.

6.1. Studienverlauf

Viele Nutzer von Activity-Trackern verwenden ihre Geräte, um ein bestimmtes Tagesziel zu erreichen und sich durch ihre Activity-Tracker zu motivieren. Doch zu unterschiedlichen Zeiten ist man mehr oder weniger zum Sport motiviert, weshalb eine Studie von kurzer Dauer nicht vollständig korrekte Ergebnisse liefern würde. Um die Reaktion von den Teilnehmern bei unterschiedlichen körperliche Aktivitäten zu unterschiedlichen Zeiten zu erfassen, wurde die Studie eine Woche lang mit zehn Studienteilnehmern durchgeführt.

Zu Beginn der Studie wurden die Teilnehmer über das Ziel dieser Abschlussarbeit und allen wichtigen Details aufgeklärt. Sie wurden über die Messungenauigkeiten (siehe Abschnitt 2.5 und Unterabschnitt 2.5.1) belehrt und mithilfe von Bildern aktueller Visualisierungen in Apps von Activity-Trackern über das Problem von exakten Datenvisualisierungen unterrichtet. Um einen Vergleich der Meinungen eines Teilnehmers vor und nach der Studie zu haben, mussten die Teilnehmer je ein Fragebogen zu Beginn der Studie und beim Abschluss ausfüllen. Im Fragebogen vor der Studie (Anhang C), wurde neben persönlichen und körperlichen Angaben nach der Meinung über aktuelle Visualisierungen und über Visualisierungen von Ungewissheit in Aktivitätsdaten gefragt, ohne Ihnen davor eine ungewisse Visualisierung gezeigt zu haben. Das Ziel war es herauszufinden, wie die Teilnehmer über ungewisse Datenvisualisierungen denken und ob sie sich vorstellen können, eine alternative Visualisierung ohne exakten Werten zu nutzen.

Nach dem ersten Fragebogen wurde die App auf den Smartphones der Teilnehmer installiert. Anschließend haben sie eine kurze Einweisung in die App bekommen. Ihnen wurde gezeigt, wie sie die App im Allgemeinen verwenden und wie sie für eine bessere Kalorien und Distanzberechnung ihre körperlichen Angaben einstellen. Zudem wurden alle in Kapitel 4 aufgeführten ungewisse Visualisierungen gezeigt und mit allen Details erläutert. Um einen besseren Kontakt zu den Teilnehmern über die

Studienlaufzeit zu haben, wurden die Kontaktdaten für die Nutzung eines Kurznachrichtendienstes ausgetauscht.

Über die Woche hinweg wurden alle Visualisierungen nacheinander getestet. Zu Beginn sollten die Teilnehmer mit einer einfachen textuellen Anzeige der Aktivitätsdaten beginnen. Um hierzu einen Vergleichswert zu erhalten wurden die Teilnehmer aufgefordert eine weitere frei wählbare App aus dem Play-Store zu laden, die mindestens Schritte zählt und die gezählten Schritte als exakten Wert angibt. An den nächsten drei Tagen wurden die Teilnehmer angewiesen an jedem Tag nacheinander einen der drei Diagramme auf den Startbildschirm der App zu platzieren und die jeweilige Visualisierung zu testen. Nachdem die Teilnehmer für jedes der drei Diagramme einen Eindruck gewonnen haben, ging es am fünften und sechsten Tag darum, die Diagramme zu vergleichen. Daher wurden die Teilnehmer gebeten, bei jedem Blick in die App alle Diagramme zu betrachten und sie zu vergleichen. Am letzten Tag durften sich die Teilnehmer auf eine präferierte Visualisierung beschränken, um sich einen besseren Eindruck über diese Visualisierung zu verschaffen und um genauere Angaben über die Vorzüge ihrer Präferenz machen zu können. Während der Studie wurden Teilnehmer jeden Tag zwei mal über den Kurznachrichtendienst angeschrieben. Die erste Nachricht erhielten sie morgens, in der sie eine Anweisung erhalten haben, welche der Visualisierungen an dem jeweiligen Tag zu verwenden ist, um den beschriebenen Studienverlauf einzuhalten. Die zweite Nachricht wurde im Laufe des Tages verschickt und diente lediglich dazu die Teilnehmer für einen regelmäßigen Blick in die App zu erinnern.

Nach der Studie gab es ein erneutes Treffen mit jedem Studienteilnehmer. Es wurde ein kurzes Interview durchgeführt, das darauf abzielte, die Akzeptanz und die Bedienbarkeit der App zu erfragen. Im Interview wurde auch geprüft, ob sich die Meinung über ungewisse Visualisierungen von Aktivitätsdaten der Teilnehmer über die Studienlaufzeit verändert hat und wenn ja in welche Richtung. Außerdem wurden sie nach den Gründen der Wahl der priorisierten Visualisierung gefragt und welche Vor- oder Nachteile die ungewisse Visualisierung auf sie und ihre tägliche sportliche Aktivität hatte. Ferner wurde von den Teilnehmern der zweite Fragebogen (Anhang D) ausgefüllt, in dem sie die App in unterschiedlichen Kriterien auf einer Likert-Skala bewerten konnten.

6.2. Studienergebnis

Die Studie wurde mit sechs männlichen und vier weiblichen Studenten der Universität Stuttgart durchgeführt. Sie waren im Mittel 22 Jahre alt (21 - 25 Jahre). Allen war bewusst, dass Fitness-Tracker ungenau sein können, jedoch war keinem bewusst, wie hoch diese Ungenauigkeit ist. Eine Schätzung der Ungenauigkeit jedes Teilnehmers zeigte, dass sie die Ungenauigkeit auf etwa 7 - 10% einschätzen.

Die Interviews und Auswertungen der Fragebögen ergaben ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die App und ihre Funktionalitäten bekamen im Mittel 3,9 von 5 Punkten. Die Bedienung der App sogar 4,2 von 5 Punkten. Im Interview wurde bemängelt, dass es nicht möglich ist, die ungewisse Darstellung abzuschalten. Der Nutzer wolle je nach Situation wählen können, ob er die Ungewissheit der Daten angezeigt haben möchte oder nicht. Ein weiterer Kritikpunkt betraf die Anzeige der Spannweite der Aktivitätsdaten. Drei Studienteilnehmer waren der Meinung, dass das Minimum und das Maximum der angezeigten Spannweite gerundet werden sollten, da es sich ohnehin um berechnete Näherungswerte handeln würde. Je nach der Größe der angezeigten Werte sollten die Werte auf den

nächstliegenden Zehner oder Hunderter gerundet werden, so die Teilnehmer. Gelobt wurden die vielen Einstellungsmöglichkeiten der App, sowie die schrittgenaue Echtzeitaktualisierung der Werte und Visualisierungen. Außerdem fanden vier Teilnehmer die Balken unter der textuellen Anzeige der Aktivitätsdaten sehr nützlich. Die Balken seien eine gute Möglichkeit auf Anhieb zu sehen, wie weit man vom Erreichen des Ziels entfernt ist. Ergänzend zum Balken können sie auch eine prozentuale Angabe der Aktivitätsdaten vorstellen.

Ein wichtiger Teil des Interviews war die Frage, ob die Studienteilnehmer eine Visualisierung mit Ungewissheit einer Visualisierung mit exakten Werten vorziehen würden. Zu Beginn der Studie waren fünf Teilnehmer der Meinung, dass sie sich zwar vorstellen könnten, eine App mit ungewissen Visualisierungen zu verwenden, waren sich jedoch nicht sicher, ob sie nicht doch mit einer App mit exakten Werten besser zurecht kommen würden. Nach der Studie waren sieben Teilnehmer der Meinung, dass sie tatsächlich lieber eine ungewisse Visualisierung verwenden würden. Die Begründungen waren sehr unterschiedlich. Beispielsweise meinte ein Teilnehmer, ihm sei aufgefallen, dass ihn die Minimum- und Maximumwerte der Aktivitätsdaten motiviert hätten. Sein Ziel sei es immer gewesen, mit den minimalen Schrittzahlen jeden Tag über 10000 Schritte zu kommen. Ihm war bewusst, dass er dadurch viel mehr als 10000 Schritte am Tag zurücklegen würde, dies begrüßte er allerdings positiv. Falls er an einem Tag mit der minimalen Schrittzahl nicht über die 10000 Schritte kam, war er trotzdem nicht demotiviert, solange die maximale Schrittzahl über diesem Wert lag. Das stärke laut eigener Aussage die Motivation und verleite zu mehr Lust am Sport, da man beim Nichterreichen des Ziels mit dem Minimumwert immer noch ein alternatives Ziel habe. Drei anderer Teilnehmer gaben an, dass sie ungewisse Visualisierungen bevorzugen würden, da ihnen nach der Studie bekannt geworden sei, dass die Messungenauigkeiten von Fitness-Trackern höher seien, als sie anfangs dachten. Daher würden sie beim Sport lieber eine Spannweite der Messwerte sehen würden, als einen exakten Wert.

Drei der Studienteilnehmer waren mit den ungewissen Visualisierungen nicht zufrieden. Zwei von ihnen gaben an, dass ihnen auch ohne Spannweite bewusst sei, dass Fitness-Tracker ungenau sein können. Bei den Visualisierungen ihrer bisherigen Fitness-Tracker rundeten sie die Werte ohnehin gedanklich auf oder ab. Eine Spannweite mit zwei Zahlen sei zu kompliziert, um einen schnellen Überblick über die Aktivitäten eines Tages zu bekommen. Es sei schwerer sich zwei Werte zu merken als nur einen. Daher würden sie sich nur den höheren Wert merken, dieser würde sie jedoch aufgrund des höheren Werts zu weniger Bewegung verleiten. Der andere Teilnehmer war mit den Visualisierungen nicht zufrieden, da er sich bereits zu sehr an die Visualisierung der exakten Werte gewöhnt habe. Er verspüre immer den Drang danach, die Mittelwerte der angezeigten Werte auszurechnen und konnte daher mit der Spannweite und den Visualisierungen nur wenig anfangen.

Die Verständlichkeit der drei Visualisierungen wurde sehr positiv bewertet. Die Visualisierung des gestapelten Säulendiagramms war für sechs Teilnehmer die präferierte Visualisierung. Sie sei am einfachsten zu verstehen und zeige alle notwendigen Informationen an. Die Farben der Säule erleichterten den Nutzer schnell zu erkennen, wie viel sie noch in etwa von ihren Zielen entfernt liegen. Ein Verbesserungsvorschlag für diese Visualisierung war, dass neben den festen Beschriftungen an der Hochachse zusätzlich dynamische Beschriftungen für die Minimum- und Maximumwerte angezeigt werden.

Drei Teilnehmern gefiel das Tachodiagramm am ehesten. Es sei aufgrund kleineren Größe anschaulicher und ästhetischer. Einer der Teilnehmer wurde durch die Form des Diagramms motiviert. Er

sagte, dass ihn die Form an das Tacho im Auto erinnere und er immer versuche, die Tachonadeln möglichst weit nach rechts zu bringen. Dadurch würde er motiviert werden und strenge sich beim Sport mehr an. Dazu setze er sich auch kleinere Ziele in der App, um eine schnellere Bewegung der Tachonadeln zu sehen. Drei Teilnehmer gaben an, dass ihnen lediglich die Form besser gefiele, als die der anderen beiden Visualisierungen. Ein Tachodiagramm sei für sie in Zusammenhang mit Aktivitätsdaten eine neuartige Visualisierung und anders als ein einfaches Säulendiagramm, das sie bereits aus den Apps ihrer eigenen Fitness-Tracker kennen. Es wurde außerdem zwei Verbesserungsvorschläge genannt: Zum einen würden es einige Teilnehmer besser finden, wenn man die Enden der beiden Tachonadeln verbinden würde und somit anstelle von zwei Tachonadeln eine Art Dreieck angezeigt werden würde, das die farblichen Bereiche einschließt. Dadurch könne die Erkennung der gemessenen Daten möglicherweise anschaulicher werden und besser zu erkennen sein. Zum anderen meinten zwei Teilnehmer, dass das Tachodiagramm ruhig etwas mehr um die Kurve gehen könne. Anstelle eines Halbkreises (mit einem Winkel von 180°) könne man den Winkel auf etwa 250° oder mehr erweitern, um dadurch einem Tacho im Auto näher zu kommen. Dadurch könnten mehr Werte auf der Skala am Rand und auch mehr Farben angezeigt werden.

Das Säulendiagramm mit Fehlerbalken wurde nur von einem der Teilnehmer als beliebteste Visualisierung angegeben. Dem Teilnehmer gefiel es, dass man im Diagramm neben der ungewissen Darstellung auch den exakten Wert ablesen kann. Dadurch müsse er sich nicht entscheiden und habe beide Optionen (exakte und ungewisse Visualisierung) in einem. Die anderen Teilnehmer gaben an, dass sich das Säulendiagramm mit Fehlerbalken und das gestapelte Säulendiagramm sehr ähnlich sehen, und das gestapelte Säulendiagramm schlichtweg übersichtlicher sei und die Werte einfacher abzulesen seien.

Nahezu alle Teilnehmer nannten eine weitere Verbesserung, die sie in der App vermisst habe: Sie würden sich wünschen, dass die Anzeige der Ungewissheit optional bleibt. Es soll also in den Einstellungen der App gewählt werden könne, ob die Aktivitätsdaten als exakte Werte, oder als Spannweite angezeigt werden soll. Demnach sollen sich je nach der gewählten Option auch die Visualisierungen anpassen. Abhängig von der ausgeführten Aktivität könne man somit selber entscheiden, ob man die Ungewissheit angezeigt haben möchte oder nicht. Somit könne man beispielsweise beim Spazierengehen exakte Werte anzeigen, da hier die Messungenauigkeit sehr gering ist. Bei der Ausführung einer Sportart, beispielsweise Basketball, könne man dann die ungewisse Visualisierung in den Einstellungen wählen und anzeigen lassen. Damit jedoch die Ungewissheit bei der Anzeige von exakten Werten nicht vernachlässigt wird, könnten diese als Ergänzung neben den exakten Werten prozentual angezeigt werden.

7. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das Thema „Visualisierungen von Ungewissheit in Aktivitätsdaten“ behandelt. Dazu wurde anfangs eine umfangreiche Recherche über die Funktionsweise von Activity-Trackern durchgeführt und ermittelt, wie diese Geräte funktionieren, wie die Aktivitätsdaten berechnet werden und wie hoch die Ungenauigkeit in den Messdaten näherungsweise ist. Um die Einstellung der Nutzer von Activity-Trackern zu ermitteln, wurde eine Umfrage durchgeführt und ausgewertet. In der Umfrage wurden auch Ideen für alternative Visualisierungen gesammelt und im darauffolgenden Kapitel erklärt und konzipiert. Die Konzepte wurden in einer Android-App als Prototyp entwickelt. Um die Bedienbarkeit und Akzeptanz der App und der Visualisierungen zu erfragen, wurde eine einwöchige Studie durchgeführt und ausgewertet. Alle beschriebenen Aufgaben wurden in dieser Arbeit ausführlich dokumentiert und zusammengefasst.

Alle Aufgaben führten letztendlich zur Entwicklung der Android-App und zur Durchführung der Studie. Die Visualisierungen schnitten dabei im Vergleich zu den Visualisierungen von aktuellen Apps, die nur exakte Werte anzeigen ohne eine Ungenauigkeit in den Daten anzugeben oder darzustellen, gut ab. Sieben von zehn Studienteilnehmer gaben an, dass sie eine voll funktionsfähige App mit ungewissen Visualisierungen einer App mit exakten Visualisierungen vorziehen würden. Allerdings waren die Teilnehmer über die Höhe der Ungenauigkeit der Messdaten informiert. Die Umfrage zeigte, dass Activity-Tracker Nutzer die Ungenauigkeit mehrheitlich viel niedriger einschätzen, als sie in Wirklichkeit ist. Damit eine App mit ungewissen Visualisierungen von der Allgemeinheit akzeptiert und verwendet wird, sollten Activity-Tracker Nutzer zuvor besser über die Ungenauigkeit informiert sein. Demnach haben auch fast dreiviertel der Teilnehmer angegeben, dass sie sich mehr Informationen von den Herstellern wünschen würden.

Mithilfe der hier ermittelten Resultate kann eine Anwendung, beispielsweise eine App, entwickelt werden, die alle Funktionalitäten der aktuell marktführenden Apps hat, mit der zusätzlichen Eigenschaft, dass man die Ungewissheit der Aktivitätsdaten anzeigen kann. Die Anzeige der Ungewissheit sollte allerdings optional bleiben, um auch Nutzern eine gute App zu bieten, die es bevorzugen, ihre täglichen sportlichen Aktivitäten mit exakten Werten zu messen. Durch verschiedene Marketingstrategien könnte man (potenzielle) Activity-Tracker Nutzer darauf aufmerksam machen, dass die Ungewissheit der gemessenen Daten von aktuellen Activity-Trackern (abhängig von der ausgeführten Aktivität) sehr hoch ist und somit für die beschriebene App werben. Des Weiteren kann man durch die Veröffentlichung der App in Applikationsmarktplätzen Daten über die Nutzung und über die Zufriedenheit der Nutzer sammeln, um die sie durch weitere Entwicklungen auf einen vollwertigen Stand zu bringen. [PCB⁺ 12] Wie bereits erwähnt, gilt es der Allgemeinheit zu zeigen, dass die Messdaten teilweise hohe Ungenauigkeiten enthalten. Andernfalls würde man nur selten eine ungewisse Visualisierung einer exakten Visualisierung vorziehen. Diese Arbeit könnte also letztendlich als Grundlage für die Entwicklung einer neuartigen Fitness-App mit ungewissen Aktivitätsdatenvisualisierungen dienen.

A. Anhang - Umfrage

Nutzung und Interpretation von Fitness-Trackern

Fitness-Tracker erfreuen sich immer mehr Beliebtheit. In Deutschland nutzen knapp neun Millionen Menschen einen Fitness-Tracker (z.B. als Schritt- oder Kalorienzähler). Sie werden zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt und ständige Neuerungen erweitern die Verwendungsmöglichkeiten.

Das Ziel dieser Umfrage ist es herauszufinden, wie Fitness-Tracker genutzt werden und wie die Resultate der Tracker interpretiert werden.

Nach dieser Umfrage haben Sie die Chance **einen von drei 20€ Amazongutscheinen** zu gewinnen.
Weitere Informationen zum Gewinnspiel erhalten Sie am Ende der Umfrage.

Bei Fragen können Sie sich gerne per Mail an den Administrator dieser Umfrage wenden:
Velihan Bulut - st103204@stud.uni-stuttgart.de



Dauer der Umfrage: ca. 10 Minuten

Diese Umfrage enthält 45 Fragen.

Seite 1

Frageblock A

1. Geschlecht

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ weiblich
- ☐ männlich

2. Alter *

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

3. Höchster Bildungsabschluss *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ Kein Abschluss
- ☐ Hauptschule
- ☐ Mittlere Reife
- ☐ (Fach-)Abitur
- ☐ FH-/ Universitätsabschluss
- ☐ Promotion

4. Beruf *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ Schüler/in
- ☐ Student/in
- ☐ Auszubildende/r
- ☐ Angestellte/r
- ☐ Selbständig
- ☐ Beamte/r
- ☐ Hausfrau / Hausmann
- ☐ Rentner/in
- ☐ Arbeitslos

5. Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu? *

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

- | | Trifft gar
nicht zu | Trifft eher
nicht zu | weder noch | Trifft eher zu | Trifft voll zu |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Ich bin sehr sportlich. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 2. Ich treibe sehr häufig Sport. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

6. Welche Sportarten treiben Sie? *

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Badminton
- ☐ Basketball
- ☐ Eishockey
- ☐ Fußball
- ☐ Handball
- ☐ Leichtathletik
- ☐ Radsport
- ☐ Schwimmen
- ☐ Skifahren
- ☐ Tennis
- ☐ Ich treibe kein Sport

☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich. Weitere Sportarten können Sie unter 'Sonstiges' ergänzen.

7. Wo treiben Sie Sport? *

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ zu Hause
- ☐ im Fitness-Studio
- ☐ im Freien
- ☐ im Sportverein

☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

8. Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Trackergenutzt?

Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.



*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker
- ☐ ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt
- ☐ nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt

9. Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)? *

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Die folgenden Fragen sind an Personen gerichtet, die aktuell einen Fitness-Tracker nutzen.

1. Welche(n) Fitness-Tracker verwenden Sie? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Apple Watch
- ☐ Beurer Aktivitätssensor
- ☐ Fitbit Charge HR
- ☐ Fitbit Flex
- ☐ Fitbit One
- ☐ Fitbit Surge
- ☐ Garmin Vivoactive
- ☐ Garmin Vivofit (2)
- ☐ Garmin Vivosmart
- ☐ LG Lifeband Touch FB84
- ☐ Jawbone UP Move
- ☐ Jawbone UP24
- ☐ Jawbone UP 2/3
- ☐ Medisana ViFit
- ☐ Runtastic Orbit
- ☐ Samsung Gear Fit
- ☐ Sony Smartband SWR10/30
- ☐ Withings Activité
- ☐ Withings Pulse O2
- ☐ Xiaomi mi Band
- ☐ Im Smartphone integrierter Sensor
- ☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich. Weitere Sensoren können Sie unter 'Sonstiges' ergänzen.

2. Welches Smartphone verwenden Sie?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war bei Frage '10 [B1]' (Welche(n) Fitness-Tracker verwenden Sie?)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Geben Sie die Marke und die Modellbezeichnung an.

3. Gibt es für Ihren Fitness-Tracker eine herstellereigene App oder Webanwendung, in der Ihre Leistungsübersicht angezeigt wird?



*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ App und Webanwendung
- ☐ nur App
- ☐ nur Webanwendung
- ☐ keins von beiden
- ☐ Sonstiges

4. Wie häufig nutzen Sie die App/Webanwendung? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'App und Webanwendung' oder 'nur App' oder 'nur Webanwendung' bei Frage '12 [B3]' (Gibt es für Ihren Fitness-Tracker eine herstellereigene App oder Webanwendung, in der Ihre Leistungsübersicht angezeigt wird?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| nie | selten | gelegentlich | oft | immer |
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

5. Für welche Zwecke verwenden Sie Ihren Fitness-Tracker? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ um meine Ziele zu erreichen
- ☐ um mich zu motivieren
- ☐ um meine Aktivitäten im Blick zu haben
- ☐ um meine Gesundheit zu fördern
- ☐ um mich mit Freunden zu messen
- ☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

6. Wann und wo verwenden Sie Ihren Fitness-Tracker? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ immer
- ☐ nachts beim Schlafen
- ☐ beim Sport/während des Trainings
- ☐ bei der Arbeit
- ☐ in der Freizeit
- ☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

7. Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussagen zu? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ich stimme gar nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Ich bin mit den Funktionen meines Fitness-Trackers zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich vertraue der Messgenauigkeit meines Fitness-Trackers.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin mit der graphischen Leistungsübersicht in der Fitness-Tracker App/Webanwendung zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich weiß, dass Fitness-Tracker nicht immer richtig messen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich merke mir stets den exakten angezeigten Wert auf meinem Fitness-Tracker.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich runde den angezeigten Wert auf meinem Fitness-Tracker gedanklich auf/ab.	☐	☐	☐	☐	☐

8. Beschreiben Sie Ihre Gedanken, die beim Blick auf Ihren Fitness-Tracker oder auf die App/Webanwendung entstehen.



Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Begründen Sie an dieser Stelle Ihre Antworten auf die obigen Aussagen, 'ich merke mir den exakten Wert' und 'ich runde den Wert gedanklich auf/ab'.

9. Sind Ihnen während der Nutzung Ihres Fitness-Trackers Fehler bei der Messung aufgefallen?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Nennen Sie bitte alles, was Ihnen aufgefallen ist und beschreiben Sie Ihre Beobachtungen in wenigen Sätzen.
Z.B. "Beim Sitzen misst der Tracker Schritte".

1. Warum haben Sie sich die Nutzung eines Fitness-Trackers aufgegeben?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

2. Welchen Fitness-Tracker haben Sie verwendet? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Apple Watch
- ☐ Beurer Aktivitätssensor
- ☐ Fitbit Charge HR
- ☐ Fitbit Flex
- ☐ Fitbit One
- ☐ Fitbit Surge
- ☐ Garmin Vivoactive
- ☐ Garmin Vivofit (2)
- ☐ Garmin Vivosmart
- ☐ LG Lifeband Touch FB84
- ☐ Jawbone UP Move
- ☐ Jawbone UP24
- ☐ Jawbone UP 2/3
- ☐ Medisana ViFit
- ☐ Runtastic Orbit
- ☐ Samsung Gear Fit
- ☐ Sony Smartband SWR10/30
- ☐ Withings Activité
- ☐ Withings Pulse O2
- ☐ Xiaomi mi Band
- ☐ Im Smartphone integrierter Sensor
- ☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich. Weitere Sensoren können Sie unter 'Sonstiges' ergänzen.

3. Welches Smartphone verwenden Sie?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war bei Frage '20 [C2]' (Welchen Fitness-Tracker haben Sie verwendet?)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Geben Sie die Marke und die Modellbezeichnung an.

4. Gab es für Ihren Fitness-Tracker eine herstellereigene App oder Webanwendung, in der Ihre Leistungsübersicht angezeigt wurde?



*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ App und Webanwendung
- ☐ nur App
- ☐ nur Webanwendung
- ☐ keins von beiden
- ☐ Sonstiges

5. Wie häufig nutzten Sie die App/Webanwendung? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'App und Webanwendung' oder 'nur App' oder 'nur Webanwendung' bei Frage '22 [C4]' (Gab es für Ihren Fitness-Tracker eine herstellereigene App oder Webanwendung, in der Ihre Leistungsübersicht angezeigt wurde?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

nie

☐

selten

☐

gelegentlich

☐

oft

☐

immer

☐

6. Für welche Zwecke haben Sie Ihren Fitness-Tracker verwendet? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

☐

um meine Ziele zu verfolgen

☐

um mich zu motivieren

☐

um meine Aktivitäten im Blick zu haben

☐

um meine Gesundheit zu fördern

☐

um mich mit Freunden zu messen

☐

Sonstiges:

7. Wann und wo verwendeten Sie Ihren Fitness-Tracker? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

☐

immer

☐

nachts beim Schlafen

☐

beim Sport/während des Trainings

☐

bei der Arbeit

☐

in der Freizeit

☐

Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

8. Inwiefern stimmen Sie den folgenden Aussagen zu? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ich stimme gar nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Ich war mit den Funktionen meines Fitness-Trackers zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich vertraute der Messgenauigkeit meines Fitness-Trackers.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich war mit der graphischen Leistungsübersicht in der Fitness-Tracker App/Webanwendung zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich weiß, dass Fitness-Tracker nicht immer richtig messen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich merkte mir stets den exakten angezeigten Wert auf meinem Fitness-Tracker.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich rundete den angezeigten Wert auf meinem Fitness-Tracker gedanklich auf/ab.	☐	☐	☐	☐	☐

9. Beschreiben Sie Ihre Gedanken, die beim Blick auf Ihren Fitness-Tracker oder auf die App/Webanwendung entstanden sind.



Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Begründen Sie an dieser Stelle Ihre Antworten auf die obigen Aussagen, 'ich merke mir den exakten Wert' und 'ich runde den Wert gedanklich auf/ab'.

10. Sind Ihnen während Ihres Nutzungszeitraums Ihres Fitness-Trackers Fehler bei der Messung aufgefallen?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

z.B. "Beim Sitzen misst der Tracker Schritte." Nennen Sie bitte alles, was Ihnen aufgefallen ist, und beschreiben Sie Ihre Beobachtungen in wenigen Sätzen.

1. Wie finden Sie das derzeitige Fitness-Trackerangebot auf dem Markt? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

nicht umfangreich	eher nicht umfangreich	weder noch	eher umfangreich	sehr umfangreich
☐	☐	☐	☐	☐

2. Möchten Sie sich in nächster Zeit einen Fitness-Tracker kaufen? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ Ja
☐ Nein

3. Für welche Zwecke möchten Sie den Fitness-Tracker verwenden? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '30 [D2]' (Möchten Sie sich in nächster Zeit einen Fitness-Tracker kaufen?)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ um meine Ziele zu verfolgen
- ☐ um mich zu motivieren
- ☐ um meine Aktivitäten im Blick zu haben
- ☐ um meine Gesundheit zu fördern
- ☐ um mich mit Freunden zu messen

☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

4. Warum möchten Sie sich keinen Fitness-Tracker kaufen? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Nein' bei Frage '30 [D2]' (Möchten Sie sich in nächster Zeit einen Fitness-Tracker kaufen?)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ kein Bedarf
- ☐ zu teuer
- ☐ zu wenig Funktionen
- ☐ Messung zu ungenau

☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

5. Welche Funktionen oder Eigenschaften muss ein Fitness-Tracker Ihrer Meinung nach mindestens haben, damit sie sich einen diesen Fitness-Tracker kaufen? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- ☐ Schrittzähler
- ☐ Kalorienzähler
- ☐ Stoppuhr
- ☐ Herzfrequenzmesser
- ☐ Pulsmesser
- ☐ Messung des Schlafverhaltens
- ☐ Bluetooth
- ☐ herstellereigene App mit Leistungsübersicht
- ☐ herstellereigene Webanwendung mit Leistungsübersicht
- ☐ Benachrichtigung über entgangene Anrufe
- ☐ Musik-Fernsteuerung
- ☐ Kalenderbenachrichtigung
- ☐ SMS-Benachrichtigung
- ☐ E-Mail-Benachrichtigung
- ☐ auswechselbares Band
- ☐ Kamerafernbedienung
- ☐ Telefonsuchfunktion
- ☐ Beschleunigungssensor
- ☐ Touch-Screen
- ☐ wasserfestes Material
- ☐ Vibrationsalarm
- ☐ Umgebungslichtsensor
- ☐ digitaler Kompass
- ☐ Höhenmesser
- ☐ egal welche Funktionen er hat, ich werde mir keinen Tracker kaufen
- ☐ Sonstiges:

Mehrfachauswahl möglich.

6. Inwieweit treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ich stimme gar nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Ich weiß, dass Fitness-Tracker nicht immer richtig messen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich merke mir stets den exakten angezeigten Wert auf meinem Fitness- Tracker.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich runde den angezeigten Wert auf meinem Fitness- Tracker gedanklich auf/ab.	☐	☐	☐	☐	☐

7. Beschreiben Sie Ihre Gedanken, die beim Blick auf das aktivitätsmessende Gerät (z.B. Laufband) entstehen.

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Begründen Sie an dieser Stelle Ihre Antworten auf die obigen Aussagen, 'ich merke mir den exakten Wert' und 'ich runde den Wert gedanklich auf/ab'.

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' oder 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Wenn ein Fitness-Tracker an einem Tag einen Kalorienverbrauch von ... misst, wie hoch schätzen Sie die Abweichung dieses Wertes ein?

*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' oder 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' oder 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosensbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

7. Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussage zu? *

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

----- Scenario 1 -----

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' oder 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

----- oder Scenario 2 -----

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ich stimme gar nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Wenn nach meinem Training die verbrauchten Kalorien laut einem Fitness-Tracker bei 492kcal liegen, würde ich weitertrainieren, um 500kcal zu erreichen.	☐	☐	☐	☐	☐
Messungenauigkeiten von Fitness-Trackern sind so hoch, dass Resultate von Schritt- und Kalorienmessungen zu ungenau sind.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde mir wünschen, dass Hersteller von Fitness-Trackern nähere Informationen zu möglichen Messungenauigkeiten veröffentlichen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde mir wünschen, dass mögliche Messungenauigkeiten im angezeigten Zahlenwert oder in der Leistungsübersicht (App/Webanwendung) eines Fitness-Trackers einberechnet werden.	☐	☐	☐	☐	☐

8. Wie könnte Ihrer Meinung nach eine alternative graphische App oder Webanwendung aussehen, in der Messungenauigkeiten einberechnet werden?



Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

----- Szenario 1 -----

Antwort war 'ja, ich nutze aktuell einen Fitness-Tracker' oder 'ja, ich habe früher einen Fitness-Tracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.)

----- oder Szenario 2 -----

Antwort war 'nein, ich habe bisher keinen FitnessTracker genutzt' bei Frage '8 [A8]' (Nutzen Sie einen Fitness-Tracker oder haben Sie schon mal einen Fitness-Tracker genutzt? Hinweis: Fitness-Tracker sind Sensoren, die am Körper getragen werden (z.B. am Handgelenk, Hosenbund oder in den Schuhen) und durch Ihre Bewegungen ihre verbrauchten Kalorien, ihre zurückgelegten Schritte und weitere Daten messen. Auch in Smartphones können Schritt- oder Kalorienzähler integriert sein.) und Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [A9]' (Nutzen Sie (außer Fitness-Tracker) weitere aktivitätsmessende Geräte (z.B. Laufband mit Kalorienanzeige)?)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Beschreiben Sie, wie Sie sich eine graphische Anwendung, unter Einbeziehung von Messungenauigkeiten, vorstellen. Gerne können Sie hier auch Ihre Kritik an Ihren bisher genutzten Anwendungen notieren.

**9. Weitere Anmerkungen oder Fragen zur Umfrage oder zum Thema
"Ungenauigkeiten in Fitness-Trackern" können Sie hier äußern.**

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Verlosung

**Die Umfrage ist nun beendet.
Sie haben nun die Möglichkeit an der Verlosung für einen von drei 20€ Amazon-Gutscheinen teilzunehmen.
Füllen Sie dazu die folgenden Felder aus.**

Bitte geben Sie Ihre Antwort(en) hier ein:

Name

Email-Adresse

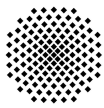
Die Teilnahme an der Verlosung ist freiwillig. Die Gewinner werden über die hinterlegte Email-Adresse innerhalb der nächsten Wochen benachrichtigt. Mit Ihrer Teilnahme an der Verlosung erklären Sie sich einverstanden, dass Ihre Email-Adresse in unserem System gespeichert wird. Die Daten werden ausschließlich für das Gewinnspiel verwendet und nicht an Dritte weitergegeben. Nach Beendigung des Gewinnspiels werden Ihre Daten vollständig aus unserem System gelöscht. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Bei Fragen können Sie sich gerne per Mail an den Administrator dieser Umfrage wenden:
Velihan Bulut - st103204@stud.uni-stuttgart.de

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Umfrage.

Wenn Sie uns (MCI Gruppe der Universität Stuttgart) und unsere Studenten in zukünftigen Forschungen unterstützen möchten, tragen Sie sich bitte in unsere Mailingliste ein. Mitglieder dieser Mailingliste werden zur Teilnahme an zukünftigen Umfragen eingeladen. Sie können sich jederzeit wieder austragen.
<http://listsrv.visus.uni-stuttgart.de/mailman/listinfo/mcिसurvey>

B. Anhang - Einverständniserklärung



Einverständniserklärung

BESCHREIBUNG: Sie wurden eingeladen, an einer Studie zum Thema „Visualisierung von Ungewissheit in Aktivitätsdaten“ teilzunehmen. In dieser Einverständniserklärung finden Sie alle relevanten Informationen. Um an der Studie teilzunehmen, müssen Sie diese Erklärung durchlesen, ausfüllen und unterschreiben.

VORAUSSETZUNGEN: Sie müssen Volljährig sein und benötigen für die Teilnahme ein Android-basiertes Smartphone, das Sie jeden Tag bei sich tragen. Es sind keine weiteren Bedingungen oder Voraussetzungen an die Teilnahme der Studie geknüpft.

DAUER: Die Studie wird eine Woche (7 Tage) andauern. Zu Beginn und am Ende dieser Zeit gibt es jeweils einen 15-minütigen Fragebogen. Während der Woche ist lediglich eine regelmäßige Smartphonennutzung erforderlich.

DURCHFÜHRUNG: Am Anfang der Studie erhalten Sie einen kurzen Fragebogen, den Sie beantworten müssen. Für die Studie wird dann auf Ihrem Smartphone eine App installiert. Sie erhalten daraufhin eine Einführung, wie die App funktioniert und worauf Sie während der Studie achten sollten. Während der Woche werden Sie die App nutzen und testen. Nach der Woche erhalten Sie erneut einen Fragebogen, in dem Sie Ihre Erfahrungen und Beobachtungen dokumentieren und die App bewerten.

RISIKEN UND NACHTEILE: Mit dieser Studie sind keinerlei Risiken oder Nachteile verbunden. Auf Ihrem Smartphone gespeicherte Daten bleiben auf Ihrem Smartphone und sind nicht relevant für die Studie. Alle Daten, die Sie auf den Fragebögen angeben werden anonymisiert gespeichert und ermöglichen keine Rückschlüsse zu Ihrer Person. Sie werden lediglich für wissenschaftliche Zwecke verwendet und an keine Dritte weitergegeben. Wir garantieren, dass Ihre Daten nicht missbraucht werden und Ihre Privatsphäre vollständig geschützt wird. Sie entscheiden selbst, ob Sie an der Studie teilnehmen oder nicht.

IHRE RECHTE: Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und mit keinen Vor- oder Nachteilen für Sie verbunden. Sie haben das Recht Ihre Einwilligung zur Teilnahme an dieser Studie jederzeit zu widerrufen, ohne eine Strafe zu erhalten oder Leistungen zu verlieren, die Ihnen mit der Teilnahme zustehen würden. Die Ergebnisse dieser Studie könnten zu wissenschaftlichen Zwecken öffentlich präsentiert oder publiziert werden. Ihre Identität wird nicht offenbart, wenn wir Sie diesbezüglich nicht direkt informieren und Ihre schriftliche Zustimmung erhalten.

KONTAKTINFORMATIONEN: Wenn Sie während oder nach der Studie weitere Fragen zu einem der obigen Punkte oder zu anderen Themen haben, setzen Sie sich mit Velihan Bulut in Kontakt: bulut.velihan64@gmail.com

Mit meiner Unterschrift bestätigen ich, dass ich die obigen Informationen und Bestimmungen verstanden habe und sie akzeptiere.

Name: _____ Datum, Unterschrift: _____

C. Anhang - Fragebogen vor der Studie

Fragebogen 1:

1. Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich
2. Alter: _____ Jahre
3. Beruf: ☐ Schüler/in ☐ Student/in ☐ Auszubildende/r ☐ Angestellte/r
☐ Selbständig ☐ Beamte/r ☐ Hausfrau/Hausmann ☐ Rentner/in
☐ Arbeitslos
4. Haben Sie bisher einen Activity-Tracker benutzt?
☐ ja ☐ nein Wenn ja, welchen? _____
5. In wieweit treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu?

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll zu
Ich bin sehr sportlich	☐	☐	☐	☐	☐
Ich treibe sehr viel Sport	☐	☐	☐	☐	☐
Ich weiß, dass Activity-Tracker nicht immer genau messen	☐	☐	☐	☐	☐
Wenn nach meinem Training die verbrauchten Kalorien laut einem Activity-Tracker bei 492kcal liegen, würde ich weitertrainieren, um mindestens 500kcal zu erreichen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde mir wünschen, dass mögliche Messungenauigkeiten im angezeigten Zahlenwert eines Activity- Trackers einberechnet werden.	☐	☐	☐	☐	☐

D. Anhang - Fragebogen nach der Studie

Fragebogen 2:

1. In wie weit treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu?

	Trifft gar nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll zu
Die App hat mir sehr gut gefallen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin mit der Bedienung gut zurecht gekommen.	☐	☐	☐	☐	☐
Die angezeigten Werte haben (gefühl) der Wahrheit entsprochen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde eine App mit Ungewissheiten einer App mit genauen Daten vorziehen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich habe die Visualisierungen					
- Stacked Bar Chart	☐	☐	☐	☐	☐
- Bar Chart with Error Bars	☐	☐	☐	☐	☐
- Speedometer	☐	☐	☐	☐	☐
auf Anhieb verstanden.					

2. Welche der Visualisierungen hat Ihnen am Besten gefallen? Kurze Begründung.

☐ Stacked Bar Chart ☐ Bar Chart with Error Bars ☐ Speedometer

Literaturverzeichnis

- [AHH⁺08] B. Amirkalali, S. Hosseini, R. Heshmat, B. Larijani, et al. Comparison of Harris Benedict and Mifflin-ST Jeor equations with indirect calorimetry in evaluating resting energy expenditure. *Indian Journal of Medical Sciences*, 62(7):283–291, 2008. doi: 10.4103/0019-5359.42024. URL <http://www.indianjmedsci.org/text.asp?2008/62/7/283/42024>. (Zitiert auf den Seiten 20 und 21)
- [CBVP15] M. A. Case, H. A. Burwick, K. G. Volpp, M. S. Patel. Accuracy of Smartphone Applications and Wearable Devices for Tracking Physical Activity Data. *JAMA*, 313(6):625–626, 2015. doi:10.1001/jama.2014.17841. URL <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2014.17841>. (Zitiert auf Seite 23)
- [CG14] M. Correll, M. Gleicher. Error Bars Considered Harmful: Exploring Alternate Encodings for Mean and Error. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 20(12):2142–2151, 2014. doi:10.1109/TVCG.2014.2346298. (Zitiert auf Seite 28)
- [CPC07] B. C. K. Choi, A. W. P. Pak, J. C. L. Choi. Daily step goal of 10,000 steps: A literature review. *Clinical & Investigative Medicine*, 30(3):146–151, 2007. URL <http://cimonline.ca/index.php/cim/article/view/1083>. (Zitiert auf Seite 14)
- [CSKB03] S. E. Crouter, P. L. Schneider, M. Karabulut, D. Bassett. Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8):1455–1460, 2003. doi:10.1249/01.MSS.0000078932.61440.A2. URL <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000078932.61440.A2>. (Zitiert auf Seite 25)
- [FAZCGGB09] R. Feliz Alonso, E. Zalama Casanova, J. Gomez Garcia-Bermejo. Pedestrian tracking using inertial sensors. Band 3, S. 35–43. *Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial*, 2009. URL <http://hdl.handle.net/10045/12578>. (Zitiert auf Seite 17)
- [FMR98] D. C. Frankenfield, E. R. Muth, W. A. Rowe. The Harris-Benedict Studies of Human Basal Metabolism: History and Limitations. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(4):439–445, 1998. doi:10.1016/S0002-8223(98)00100-X. URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00100-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00100-X). (Zitiert auf den Seiten 20 und 21)
- [GLKB13] F. Guo, Y. Li, M. S. Kankanhalli, M. S. Brown. An Evaluation of Wearable Activity Monitoring Devices. In *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Personal Data Meets Distributed Multimedia*, PDM ’13, S. 31–34. ACM, New York, NY, USA, 2013. doi:10.1145/2509352.2512882. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2509352.2512882>. (Zitiert auf den Seiten 23 und 24)

- [GOHS15] M. Greis, T. Ohler, N. Henze, A. Schmidt. Investigating Representation Alternatives for Communicating Uncertainty to Non-experts. In *Human-Computer Interaction - Interact 2015*, S. 256–263. Springer, Bamberg, Germany, 2015. doi:10.1007/978-3-319-22723-8_21. LNCS 9299. (Zitiert auf Seite 30)
- [GS06] H. Griethe, H. Schumann. The Visualization of Uncertain Data: Methods and Problems. In *Proceedings of SimVis 2006*, S. 143–156. 2006. (Zitiert auf Seite 26)
- [HHJF11] R. E. Hasson, C. A. Howe, B. L. Jones, P. S. Freedson. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4):344–351, 2011. doi:10.1016/j.jsams.2011.02.010. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2011.02.010>. (Zitiert auf Seite 21)
- [IM87] H. Ibrenk, M. G. Morgan. Graphical Communication of Uncertain Quantities to Nontechnical People. *Risk Analysis*, 7(4):519–529, 1987. doi:10.1111/j.1539-6924.1987.tb00488.x. URL <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.1987.tb00488.x>. (Zitiert auf Seite 26)
- [JSPG09] A. Jimenez, F. Seco, C. Prieto, J. Guevara. A comparison of Pedestrian Dead-Reckoning algorithms using a low-cost MEMS IMU. In *IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing - (WISP 2009)*, S. 37–42. IEEE, 2009. doi:10.1109/WISP.2009.5286542. URL <http://dx.doi.org/10.1109/WISP.2009.5286542>. INSPEC Accession Number 10917513. (Zitiert auf Seite 17)
- [KK10] P. Kahn, A. Kinsolving. Step counter accounting for incline, 2010. URL <https://www.google.com/patents/US7690556>. US Patent. (Zitiert auf Seite 44)
- [Mil12] S. Milker. *Bewegungserkennung mit Smartphones mittels deren Sensoren*. Diplomarbeit, Universität Koblenz-Landau, 2012. URL <https://kola.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/663>. (Zitiert auf Seite 17)
- [MM09] M. Mladenov, M. Mock. A Step Counter Service for Java-enabled Devices Using a Built-in Accelerometer. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Context-Aware Middleware and Services: Affiliated with the 4th International Conference on Communication System Software and Middleware (COMSWARE 2009)*, CAMS '09, S. 1–5. ACM, New York, NY, USA, 2009. doi:10.1145/1554233.1554235. URL <http://doi.acm.org/10.1145/1554233.1554235>. (Zitiert auf Seite 18)
- [MSJH⁺90] M. D. Mifflin, S. T. St Jeor, L. A. Hill, B. J. Scott, S. A. Daugherty, Y. O. Koh. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(2):241–247, 1990. URL <http://ajcn.nutrition.org/content/51/2/241>. (Zitiert auf Seite 21)
- [OM02] C. Olston, J. Mackinlay. Visualizing data with Bounded Uncertainty. In *Symposium on Information Visualization. INFOVIS 2002.*, S. 37–40. IEEE, 2002. doi:10.1109/INFVIS.2002.1173145. URL <http://dx.doi.org/10.1109/INFVIS.2002.1173145>. INSPEC Accession Number 7548525. (Zitiert auf Seite 30)

- [PCB⁺12] B. Poppinga, H. Cramer, M. Böhmer, A. Morrison, F. Bentley, N. Henze, M. Rost, F. Michahelles. Research in the Large 3.0: App Stores, Wide Distribution, and Big Data in MobileHCI Research. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Companion*, MobileHCI '12, S. 241–244. ACM, New York, NY, USA, 2012. doi:10.1145/2371664.2371724. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2371664.2371724>. (Zitiert auf Seite 55)
- [Sch09] P. Schulte. Aufbau und Funktionsweise von Beschleunigungssensoren. S. 1–24, 2009. URL http://www.schuelerkonferenz.edu.tum.de/fileadmin/w00brm/www/Facharbeiten_2009/schulte_patrick_cc.pdf. (Zitiert auf Seite 17)
- [SHM⁺14] J. E. Sasaki, A. Hickey, M. Mavilia, J. Tedesco, D. John, S. Kozey Keadle, P. S. Freedson. Validation of the Fitbit Wireless Activity Tracker for Prediction of Energy Expenditure. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(2):149–154, 2014. doi:10.1123/jpah.2012-0495. URL <http://dx.doi.org/10.1123/jpah.2012-0495>. (Zitiert auf Seite 24)
- [Son15] C. Song. *User Activity Tracker using Android Sensor*. Dissertation, The Ohio State University, 2015. URL http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1418938538. (Zitiert auf Seite 17)
- [THM⁺05] J. Thomson, E. Hetzler, A. MacEachren, M. Gahegan, M. Pavel. A typology for visualizing uncertainty, 2005. doi:10.1117/12.587254. URL <http://dx.doi.org/10.1117/12.587254>. (Zitiert auf Seite 26)
- [YPF13] S. G. J. Yuen, J. Park, E. N. Friedman. Activity monitoring systems and methods of operating same, 2013. URL <https://www.google.com/patents/US8386008>. US Patent. (Zitiert auf den Seiten 21 und 44)

Alle URLs wurden zuletzt am 15. 11. 2015 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift